Revue générale des Sciences

pures et appliquées

et Bulletin de la Société Philomathique

T. LVIII — Nos 5-6 — 1951

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Chronologie, Archéologie préhistorique et Radiocarbone 14

Nous avons déjà attiré l'attention sur l'importance des isotopes du Carbone dans la détermination de l'origine des traces charbonneuses anciennes (1). Il s'agissait des C^{12} et C^{13}. Nous parlerons aujourd'hui de l'isotope radioactif C^{14}, qui joue maintenant un rôle dans la chronologie archéologique.

La désintégration des atomes de C^{14} est relativement lente : la moitié en 5.600 ans. Plantes et animaux en contiennent autant que l'atmosphère. Lorsqu'un organisme vient à mourir, non seulement il ne s'enrichit plus en radiocarbone C^{14}, mais, au contraire, celui-ci se désintègre et il n'en reste plus que la moitié au bout de 5.600 ans (environ). Nous disons *environ*, car des calculs répétés et précis ont donné 5720 ± 47 ans, puis 5568 ± 30, et ces chiffres ne sont pas considérés comme tout à fait définitifs.

Le contrôle du C^{14} peut avoir une importance réelle dans la détermination de l'âge des objets ou des sites archéologiques. Les premiers travaux sont dus à W. F. Libby, de l'Institut d'études nucléaires de l'Université de Chicago ; les résultats déjà obtenus sont assez intéressants pour que F. E. Zeuner, professeur à l'Université de Londres, en ait fait un exposé dont nous résumerons ici les traits essentiels (2).

La technique consiste à transformer d'abord en charbon de bois une portion de l'objet étudié (tronc d'arbre, planche, fragment de statue, coquille, etc...). Le CO^2 est précipité en CO^3Ca pur, lequel est dissous et libère le CO^2 qui sera réduit en Carbone pur. Celui-ci est étalé à la surface d'un compteur Geiger, qui enregistre 13 désintégrations à la minute par gramme de Carbone récent ; moins dans les échantillons anciens, qui contiennent moins de C^{14}.

La quantité de C^{14} varie avec les objets (il y en a davantage dans le test d'un Mollusque que dans du Bois) et les objets ne doivent pas avoir été contaminés par un séjour à l'air ou dans un sol récent, ce qui réduirait leur âge apparent.

La quantité de matière à réduire en carbone est variable. D'après Movius, il faut un minimum de 65 gr. pour le charbon de bois, 200 gr. pour le bois ou la tourbe ainsi que pour la corne, la peau ou le poil ; 700 gr. pour les tests de Mollusques, 2 kg. pour les dents et les os. Si on utilise moins de matière au départ, le résultat est douteux.

De multiples essais ont déjà été faits sur des échantillons très divers choisis par une Commission des Sociétés d'Anthropologie et de Géologie d'Amérique.

Un fragment de *Sequoia* tombé en 1874 et daté des années 1031 à 928 avant Jésus-Christ, soit âgé de 2.875 à 2.978 ans, a été daté 3.005 ± 165 d'après le radiocarbone. Le bois du bateau funéraire de Sésostris, considéré comme datant de 3.792 ± 50 ans a donné 3.700 ± 400 ; du bois de Pin d'un palais syro-hittite, présumé de 2.624 ± 50, a donné 2.600 ± 150. Des coquilles de Mollusques terrestres provenant d'un site d'Iraq, antérieur aux premières céramiques, ont été datées de 4.700 avant Jésus-Christ environ, ce qui paraît dans l'ordre de grandeur.

Il y a donc là une nouvelle méthode qui peut donner des résultats très précieux, mais qui demande beaucoup de précision et un matériel très pur, sous peine d'erreurs graves.

Raymond **FURON.**

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. R. Furon. — Importance des dépôts sédimentaires précambriens d'origine organique. *Rev. gén. Sc.*, 1949, t. 56, pp. 195-196.

2. F. Libby. — Atmospheric Helium Three and Radiocarbon from cosmic Radiations. *Phys. Rev.*, 1946, t. 69, pp. 671-672.

3. F. E. Zeuner. — Archaeological dating by radioactive carbon. *Science Progress*, 1951, v. 39, pp. 225-238.

4. A. G. Engelkemeir, W. H. Hamill, M. C. Ingram, W. F. Libby. — The half-life of Radiocarbon (C14). *Phys. Rev.*, 1949, t. 75, pp. 1825-1833.

5. J. R. Arnold, W. F. Libby. — Age détermination by radiocarbon content : Checks with Samples of known Age. *Science*, 1949, t. 110, pp. 678-680.

6. D. M. Gates. — Dating of archaeological Material by means of radioactive Carbon. *S. W. Lore*, 1950, t. 16, pp. 1-4.

7. H. L. Movius. — Age determination by radiocarbon content. *Antiquity*, 1950, t. 24, pp. 99-101.

8. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Washington. — Report of the Committee on the Measurement of geological Time, 1949-50, 1950, p. 21.

9. J. R. Arnold et W. F. Libby. — Radiocarbon Dates. *Science*, 1951, v. 113, pp. 111-120.

10. H. de Terra. — Radiocarbon Age measurements and fossil Man in Mexico. *Science*, 1951, v. 111, pp. 124-125.

LA NATURE DES CHOSES EN MATHÉMATIQUES

par Georges BOULIGAND

Les idées du présent article ne sont pas très éloignées de celles de Lazare Carnot lorsqu'il écrivait, au début d'un livre célèbre (1) : « *Je cherche à savoir en quoi consiste le véritable esprit du Calcul infinitésimal.* » Depuis lors, tout s'est amplifié et mis en ordre, en de nombreux secteurs. Il s'agira donc plutôt de comparer des méthodes et de voir ce que leur pratique peut annoncer au sujet d'une question naissante. Ce thème intéresse directement les chercheurs. Mais il n'a pas moins d'attrait pour qui vise avec Cournot, dans toute branche des mathématiques, aux enchaînements les plus intelligibles. De nombreux commentateurs ont émis des jugements sur divers exposés d'une même théorie, en préférant tel d'entre eux, plus conforme que d'autres à « *la nature des choses* ». Beaucoup d'efforts de novateurs ont après coup paru superflus, grâce à une maturation qui rendait leurs résultats *plus naturels.* Telle notion, requise à propos d'un problème particulier, se révèle bientôt *d'une portée plus générale*, et ainsi, mérite d'être installée plus à la base de l'édifice.

Ce genre d'invocation à la nature, ou mieux à *une nature*, est bien fait pour passionner les métaphysiciens. Pendant qu'ils discutent à l'aise, mieux vaut rassembler des exemples éclairant les généralités qui précèdent et susceptibles de transmettre aux jeunes quelques fruits d'une expérience séculaire ; s'efforcer, si possible, de leur montrer la route qui chemine vers des *systèmes abstraits de relations irréductibles* (qu'on appelle aussi des schèmes). Toute atteinte portée à ces systèmes violenterait gravement cette nature mathématique dont il s'agit ici.

L'intelligibilité relève du mental. Les psychologues auraient alors, eux aussi, leur mot à dire. L'essentiel est d'aborder notre étude par un biais favorable, en cherchant *à priori* ce qu'on peut comprendre (au sens étymologique) d'une question ; d'où l'idée d'analyser *la pensée prospective* en mathématiques. Cette analyse sera conduite (si paradoxal que cela puisse paraître) en s'inspirant de problèmes qui, au milieu de beaucoup d'autres, n'ont pas manqué de se poser d'une manière plus ou moins nette à l'aurore de l'activité mathématique. Pour aboutir à des résultats qui maintenant paraissent simples, il a fallu que les *démarches expérimentales*

---

(1) Réflexions sur la Métaphysique du Calcul infinitésimal. Bachelier, Paris, 1797.

et les *démarches théoriques* se prêtent une aide mutuelle. La fameuse règle des signes de la multiplication, selon laquelle, en particulier, *moins par moins donne plus,* n'aurait sans doute jamais été formulée si l'on n'y avait été conduit en cherchant l'aire d'un rectangle dont chaque côté est la différence de deux longueurs données. On voit ici le rôle d'une intuition guidée par l'expérience (2). Cette dernière a toujours une part dans la pensée prospective.

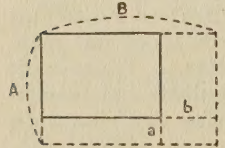
A la suite d'une esquisse consacrée à ce thème, des exemples subsidiaires confirmeront l'intérêt des remarques rencontrées pour l'agencement le plus opportun, si possible, de théories classiques. Ce sujet m'intéresse depuis déjà longtemps. Après y avoir apporté, en 1934, une première contribution (3), et l'avoir complétée récemment dans un autre ouvrage (4), je crois utile, en terminant, de revenir encore, avec l'appui de de point de vue, sur diverses questions, et en particulier sur la théorie des surfaces, au niveau du programme de licence.

Une conscience éprouvée de la nature des choses implique une sécurité suffisante dans la distinction du *vrai* et du *faux* par rapport à un système de prémisses assignées. Qu'on ne s'étonne pas dès lors de voir, chemin faisant, l'attention se porter vers certains types de *raisonnement défectueux.* C'est là un souci très objectif dans le programme d'ensemble qui vient d'être tracé.

J'ajoute que la suite de l'article, en ses deux parties, expliquera pourquoi mieux vaut ne pas trop préciser ce qu'est la *nature des choses* en mathématiques. C'est qu'elle correspond à un sens qui s'affine sans cesse au cours de l'expérience acquise, ou, si l'on veut, à mesure que l'on a éprouvé l'efficacité de schèmes plus nombreux.

A) — **La pensée prospective**

1. Prospecter, au sens courant, c'est, dans la mesure du possible, se faire une vision anticipée de résultats qu'il serait long ou pénible d'atteindre par les voies ordinaires. Ces résultats peuvent avoir trait à la constitution d'un sous-sol, aux chances qu'on a d'y trouver une substance S utile ou précieuse. Il suffit de recourir aux modalités de certains phénomènes annexes rendant plus ou moins probable la présence de S dans les couches à explorer. On essaye donc d'édifier une *technique causale* donnant un guide appréciable.



(2) Si le premier rectangle est A—a, B—b (c'est-à-dire si les longueurs de ses côtés sont A—a et B—b), le rectangle considéré peut s'obtenir en partant d'un rectangle AB, puis en lui ajoutant le rectangle ab et enlevant ensuite les rectangles aB et bA. Voir *les Aspects intuitifs de la Mathématique* (Gallimard, Paris, 1946).

(3) La Causalité des théories mathématiques, Act. Sc. Hermann, fasc. 184, 1934.

(4) Les principes de l'Analyse géométrique, t. II, fasc. A (Vuibert, Paris, 1950). Voir le ch. X.

Mais la prospection ne se limite pas au champ matériel. Il y a, en mathématiques, *un effort prospectif* qui prépare la phase ultime du travail où l'on dispose déjà des notions primitives et axiomes adéquats et où l'on entreprend d'en déduire des énoncés de théorèmes. Avant cela, le mathématicien est beaucoup plus hésitant, en face de tableaux auxquels le concret participe largement. Une conversation s'établit, chez le géomètre, entre deux êtres qui coexistent en lui, un expérimentateur attentif et un théoricien prompt à édifier des trames provisoires à partir des constatations de son partenaire. Souvent l'expérimentateur va modérer ces essais de synthèse, essais dangereux tant qu'il n'y a pas assez d'informations disponibles.

Imaginons ce dialogue à une date reculée, à propos de triangles découpés dans du papyrus. Séparant deux des coins et les soudant, comme l'indique la figure, au coin restant, l'observateur constate que les demi-droites Ax, Ay se placent toujours en prolongement, même si l'on varie la forme du triangle. Son partenaire songe à tenter un embryon de théorie pour expliquer cette chose un peu mystérieuse. Il est en difficulté et souhaite une autre expérience, plus ou moins voisine. La voici réalisée en découpant dans deux feuillets superposés des triangles en coïncidence, puis en amenant le second à occuper, par rapport au premier, une position telle que, par réunion, on obtienne toujours un parallélogramme. Entre ces deux expériences on aperçoit des aspects communs.

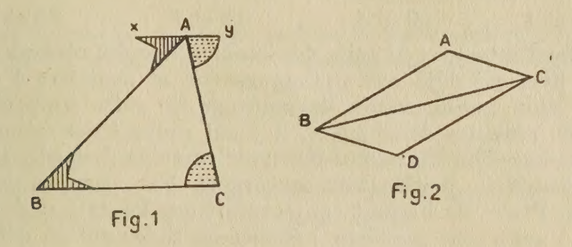


Fig.1

Fig.2

a) Paires de droites telles que BC et xy dans la *fig.* 1, AB et CD, ou encore AC et BD dans la *fig.* 2, paires offrant une même particularité : absence de point de rencontre pour deux droites d'une paire, quand on les prolonge à volonté.

b) Relations simples d'égalité, d'additivité, pour ce que nous appelons des *angles*, aussi bien dans la *fig.* 1 que dans la *fig.* 2.

En ce cas, se dessinent avec netteté les intentions alternées de l'expérimentateur et du théoricien, jusqu'à un stade ou ce dernier va reprendre le rôle principal. Un travail important lui reste d'ailleurs pour le mener avec succès jusqu'à la phase ultime de maturation déductive.

2. D'après cet exemple et d'autres faciles à imaginer, on conçoit que l'effort prospectif est indispensable et on voit comment

il pourra s'exercer. Cet effort portera ses meilleurs fruits moyennant une juste coordination de l'activité expérimentale et de l'activité synthétique. En particulier, un abus de cette dernière suscitera toujours une tendance au contrôle et revalorisera l'expérimental, délaissé pour un temps. Le besoin d'être vigilant, de multiplier les exemples, élargira le *matériel d'expérience.* Le jeu des interrogations du chercheur se fera plus serré, elles s'orienteront vers des objectifs plus précis. D'où le déroulement, marqué d'alternances, d'une partie qui parfois s'interrompt. Elle ne fructifie que si chaque étape fait entrevoir un but final mieux pressenti. Alors seulement, les initiatives de l'expérimentateur et les répliques du théoricien pourront-elles atteindre la décision souhaitée.

Ces aperçus font comprendre que *la pensée prospective* détient en mathématique une place importante et que ce genre de pensée côtoie de près la dualité *théorie, expérience, si marquante en épistémologie.* Ainsi, le développement de la pensée prospective est *dialectique.* Reste à dire si ce caractère subsiste pour la mathématique organisée : ce que j'examinerai brièvement en cours de route.

3. Les plus anciennes recherches sur les entiers révèlent une tendance à rassembler, en vue d'énoncés généraux, des résultats similaires livrés par des cas d'espèce, puis à essayer de systématiser ; d'où les cas de prospection les plus simples. Prospection juste quand, soustrayant deux carrés consécutifs

4 et 1 , 9 et 4 , 16 et 9 , 25 et 16

elle prétend retrouver la suite des impairs, car des réseaux à mailles carrées livraient déjà aux pythagoriciens, et peut-être à quelques-uns de leurs prédécesseurs, le pourquoi de cette propriété. Mais à côté de réussites de ce genre, il y eut souvent des énoncés groupant des cas d'espèce successifs, pour certains desquels, sans plus, on proposait la justification numérique. Par exemple, écrivant à Frénicle, Pierre de Fermat conjecturait que les entiers de la forme $2^{2^m} + 1$ sont tous premiers : énoncé qu'Euler mit en défaut dans le cas $m = 5$. Depuis lors, on a souvent conjecturé, en particulier sur la fameuse fonction zêta appliquée par Riemann aux recherches sur les nombres premiers.

Cette remarque, aujourd'hui banale, qu'un seul exemple défavorable (un *contre-exemple*) suffit à infirmer un énoncé formulé à titre d'essai, justifie à lui seul une activité expérimentale intermittente dans les diverses zones de spéculation mathématique. Réaction nécessaire si l'on songe aux espoirs que peut caresser un chercheur, tel celui que l'équation $x - y = 2$ admette une infinité de solutions en nombres premiers. Faute d'apporter, malgré de louables efforts (voir G. Sarton, *Arch. intern. d'Hist. des Sc.*, n° 10, 1950, pp. 32-33), une réponse catégorique à des questions embarrassantes, en les tranchant par *oui* ou *non*, on pèsera les chances pour ou contre, d'où un courant prospectif favorable à l'activité expérimentale, renforcée de nos jours par le calcul mécanique.

4. Mais la prospection n'est pas le fait exclusif d'une expérimentation empirique.

D'abord, on ne saurait prospecter au hasard, en prétendant trancher par *oui* ou par *non* plusieurs questions consécutives dont chacune comporterait ces 2 seules réponses : pas plus qu'on ne se risquerait à fixer, dans le système binaire, les chiffres d'un entier à partir d'une limite supérieure de sa valeur. La seule prospection efficace s'exerce à distance modeste du but présumé.

Par exemple, remontons de quelques décades, par la pensée, à partir de la première rencontre d'une démonstration valable pour la propriété du carré de l'hypoténuse. Certains géomètres n'étaient peut-être pas loin d'entrevoir une argumentation qui, *aujourd'hui*, s'exprimerait comme suit :

Quand on donne les mesures x, y des petits côtés d'un triangle rectangle, l'hypoténuse est une fonction positive h (x, y) de ces côtés qui pour toute valeur t (> 0) vérifie la relation

$$h(tx, ty) = t\, h(x, y)$$

aussi bien que

$$h(x, y) = h(y, x) \qquad h(x, 0) = x.$$

On a encore

$$h^2(x, x) = 2\, x^2,$$

car, dans le triangle rectangle isocèle, le carré construit sur l'hypoténuse double en aire le carré construit sur un petit côté. On a enfin

$$h^2(x, y) < (x + y)^2$$

car l'hypoténuse est moindre que la somme des deux autres côtés.

A ce tournant, notre géomètre hypothétique était attiré par la vraisemblance d'une solution de la forme

$$h^2(x, y) = x^2 + y^2$$

Présomption renforcée du fait qu'on doit, à l'époque admise, tenir pour acquise la connaissance du triangle rectangle de côtés 3, 4, 5, et peut-être de quelques triangles rectangles, de côtés $2n - 1$, $2\sqrt{2n}$, $2n+1$, en supposant que l'entier 2n soit un carré parfait, tous points susceptibles de vérification expérimentale.

En certains cas, la prospection a pu faire mieux encore. Ainsi, dans la recherche du volume d'une pyramide dont le polygone de base a un nombre quelconque de côtés, on n'a pu manquer de prévoir assez vite, pour la mesure de ce volume, une expression

$$V = m\,(B \times h)$$

B étant la mesure de la base, h celle de la hauteur, avec les conventions habituelles. Quant à m, il représente un simple coefficient

numérique. Le partage d'un cube en six pyramides égales, ayant pour sommet le centre et pour hauteur la moitié de l'arête du cube, livre alors la seule valeur possible du coefficient $m = 1/3$; et qui plus généralement dans l'espace à n dimensions, serait $1/n$ en vertu d'une remarque analogue.

5. On voit le profit à tirer de cas particuliers, et des remarques immédiates qu'ils provoquent. Ainsi conduite, la réussite de la prospection reste aléatoire. Nous n'avons d'ailleurs, à titre auxiliaire, envisagé qu'un après-coup, pour des questions déjà résolues. Pour apprécier mieux les possibilités de la prospection et les appuis éventuels qu'elle rencontrera, il est bon d'interroger les lois générales du développement de l'activité mathématique. Ces lois sont celles qui gouvernèrent les interactions entre la reconnaissance progressive de nouveaux problèmes et l'évolution de la *synthèse globale* (5). Les éléments d'Euclide représentent le plus ancien monument synthétique disponible. Le stade prospectif y est dépassé à ce point que les problèmes, riches en suggestions et issus de bonne heure du jeu des échanges (duplication du cube, quadrature du cercle), problèmes difficiles à encadrer dans une synthèse harmonieuse, sont bannis de la synthèse euclidienne : cela, malgré la sollicitude témoignée à leur endroit par les disciples de Platon, entre autres par Dinostrate qui, un siècle environ après Hippias, utilise la *quadratrice* ; sollicitude qui survit à Euclide lorsque Nicomède tire de la *conchoïde de droite* des procédés de résolution convenant à divers problèmes (problème dit de Pappus, duplication du cube, trisection de l'angle). Si l'emploi de ces courbes, pour Platon, altérait la pureté de la géométrie, elles laissaient percer une tendance à prospecter sur *l'insolubilité* des problèmes cités par le tracé de droites et de cercles en nombre fini. C'est seulement au XIXe siècle, à partir de Galois, qu'on a pu justifier des résultats négatifs de ce genre. Il est donc des questions où l'efficacité des essais prospectifs s'amortit vite, faute d'une avance importante de l'ensemble du front mathématique et d'une maturation dans les arrière-zones.

6. Pour asseoir notre jugement quant à la possibilité de progrès plus aisés, il est bon d'observer, au cours de l'histoire, la prolifération des problèmes et l'expansion de la synthèse : double croissance aux intensités variables à diverses périodes, et qu'on apprécierait mal, surtout à partir du XVIIe siècle, si l'on ne tenait compte des sollicitations réitérées de la mécanique et de la physique. C'est sous leur influence que se fonde la théorie de ces opérations permettant d'obtenir la dérivée et la primitive d'une fonction : opérations nécessaires pour étudier, par exemple, le mouvement d'ensemble d'un système de points gravitant suivant la loi de

(5) Voir *le Déclin des absolus mathématico-logiques*, 1re partie, ch. I. — (SEDES, Paris, 1950.)

Newton. Quant à la théorie des fonctions, telle qu'on la conçoit désormais, elle n'atteindra son adolescence qu'après des tentatives issues des problèmes relatifs au mouvement des cordes vibrantes, qui suggèrent notamment le recours aux séries trigonométriques. Le matériel des problèmes et le matériel des résultats s'élargissant, une mise en ordre plus consciencieuse s'impose. D'où l'apparition d'un état d'esprit, soucieux de rigueur et propice à la recherche d'une généralité accrue, cela par le sens de plus en plus englobant donné au mot fonction. Dans ce climat nouveau, la prospection va s'orienter dans des directions nouvelles.

La tendance ainsi communiquée aux préliminaires du calcul différentiel et du calcul intégral ne pouvait manquer, par ailleurs, de se transmettre à la géométrie infinitésimale. Une opinion, hier encore accréditée, consistait à penser qu'il faut d'abord construire les théories concernant le nombre pur et les fonctions, dans le champ réel ou dans le champ complexe, pour en appliquer ensuite les résultats à une étude systématique des courbes et des surfaces. Mais les problèmes requérant des équations différentielles ou aux dérivées partielles sont apparus le plus souvent sous une forme qui fait jouer le rôle d'élément inconnu à une courbe, une surface, ce qui favorise le potentiel prospectif.

L'intransigeance des puristes, désireux de tout ramener au champ des nombres, s'est détendue en raison des progrès axiomatiques, grâce auxquels les théories mathématiques connaissent aujourd'hui l'unité de fait, et se laissent traduire en termes de spéculations sur les ensembles, sous réserve d'un régime de *liberté contrôlée* imposé aux traducteurs ; sans ce régime, ils pourraient improviser à vide, au lieu de s'en tenir à de la mathématique éprouvée, stabilisée par ses attaches concrètes : ce régime peut d'ailleurs progressivement se détendre en certaines zones, sans que les modalités de cette détente obéissent à une légalité stricte. Au lieu de voir s'installer un système formel unique, on verra petit à petit s'affirmer l'importance de *schèmes*, dont quelques-uns seront, de temps en temps, ralliés à d'autres. Chacun d'eux réalise l'un de ces systèmes abstraits de relations irréductibles entrevues au départ de notre exposé. Un tel système pourra être le support commun de théories objectives, toutes isomorphes, mais distinctes par la nature de leurs objets. La porte reste donc ouverte à une évolution possible des schèmes de réduction, ce qui confère à la Mathématique une certaine souplesse, sans détriment *de règles permanentes de déduction* à l'intérieur de chaque système de ce genre. Cela explique pourquoi on parle maintenant, à la suite de M. F. Gonseth, de *caractère dialectique* des théories déductives. Je ne vois pas d'inconvénient à la chose, sous réserve de préciser comme ci-dessus de quelle manière le dynamisme de cette dialectique se réduit à une réorganisation de schèmes (voir plus loin n° 12) dont le souci s'affirme à certaines étapes critiques.

7. J'ai parlé d'attaches concrètes. Si parfaite soit l'œuvre progressivement accomplie par les formalisateurs, il y aura toujours des problèmes nouveaux échappant au champ d'efficacité de leurs efforts, problèmes qui pourront provoquer un élargissement inopiné de l'activité synthétique. Un mot a été dit déjà sur la géométrie infinitésimale. Dans cette branche, beaucoup de résultats avaient été obtenus par les procédés de calcul émanant de la théorie classique des fonctions, mais en se restreignant aux cas où les fonctions cherchées ont toutes dérivées utiles à ces calculs. Les inconvénients qui en résultent ont éclaté, lorsqu'en 1897, Henri Lebesgue prouva l'existence de surfaces non réglées, applicables sur le plan, surfaces qu'il avait pressenties par l'idée d'un tissu indéfiniment froissé. Voilà donc la prospection qui reparaît, grâce à une image concrète. La situation qui s'offrait ne pouvait laisser de surprendre au premier abord : on croyait établi que seules, sont applicables sur le plan des surfaces obtenues comme enveloppes de familles de plans à un paramètre. Mais cela sous-entend qu'il s'agit de surfaces dont chaque morceau assez petit admet, en un trièdre convenable, une représentation explicite $z = f(x, y)$, où la fonction f a des dérivées continues des deux premiers ordres, ce qui implique l'existence des courbures, et qui, par suite, ne se réalise pas pour la configuration d'un tissu indéfiniment froissé. Or, le problème de géométrie soumis au calcul se pose indépendamment des hypothèses de dérivabilité. Justement, les méthodes qu'il sollicite à ce degré de généralité ont surpris la pensée prospective. Bien plus, à cette occasion, s'est affirmée la nécessité de réviser dans leur ensemble les divers chapitres de la théorie des surfaces, pour y dépister la répétition d'avatars du genre précédent, je veux dire, la possibilité de problèmes dont l'ensemble des solutions se voit tronqué par le jeu des méthodes admises au XIX[e] siècle.

Alors que certains énoncés semblaient acquis à la synthèse sous forme de théorèmes achevés, la révision signalée en reprend l'étude sous forme de problèmes. Chacun d'eux consiste, dans une catégorie d'éléments (à savoir, en géométrie, de figures), à trouver :

Quels sont les éléments vérifiant la conclusion du théorème mis en observation ?

On peut, si l'on veut, expérimenter de la sorte sur le théorème de Pythagore. On voit alors que l'égalité $S = S' + S''$ entre trois aires semblabes à l'une d'elles, construites sur un même côté du triangle rectangle, ne suppose pas que ces aires soient celles de carrés construits sur ces côtés. Dès que la propriété aura été vérifiée pour un choix de ces figures, elle vaudra pour tous les autres choix. De la sorte, on se réduit à l'examen du cas où la figure construite

---

(6) Journ. de Math., p. et appl. 9[e] série, t. 11, 1932, pp. 131 et 385.

sur l'hypoténuse est le triangle même ; ayant noté que les figures semblables construites sur les petites côtés se réalisent en menant la hauteur sur l'hypoténuse, on met en évidence, avec l'exactitude de la propriété, sa raison profonde. Appliquées au théorème classique de Meusnier, les mêmes considérations l'élèvent de la théorie des surfaces à la géométrie des ensembles (6). D'où l'idée d'une causalité mathématique, sorte de technique du pourquoi, capable d'appuyer l'effort prospectif (voir le P.S. page 146).

8. L'essentiel est ici d'éliminer les prémisses et hypothèses surabondantes. Soit donc T un théorème formulant une conclusion Γ fixée par avance et valable pour les objets d'une catégorie C assignée. Appelons *modification* le passage d'un de ces objets (antécédent) à un second (conséquent), chacun d'eux satisfaisant à Γ. Les modifications rencontrées ici forment une famille F possédant ces deux caractères :

a) Avec l'une des modifications qui figurent dans F, s'y présente aussi la modification inverse ;

b) Avec deux modifications extraites de F et telles que l'objet conséquent issu de la première, soit l'objet antécédent subissant la seconde, la famille F contient leur résultante.

Dans un ensemble de cas déjà très importants, la loi de composition établie entre certains couples d'éléments de la famille F, de manière à en déduire un nouvel élément de F, pourra s'étendre à tous les couples de F. Quand cela se présente, F est une famille contenant, avec une modification, son inverse et avec deux, leur résultante, c'est-à-dire un *groupe de transformations.* D'hypothèses invariantes par les transformations du groupe, découlent alors des conclusions invariantes par les transformations de ce groupe : et sa structure, à laquelle participent les divers sous-groupes qu'il contient, se transmet à la théorie où s'inscrivent les théorèmes ayant les mêmes caractères d'invariance que le théorème T initial. Alors s'affirme dans la théorie T le rôle causal des hypothèses : chose bien connue dans les systèmes de géométrie les plus classiques.

Mais le recours aux groupes n'épuise pas tous les cas. Cependant, la causalité se précisera toujours à partir de recherches comparatives, permettant de supprimer, entre les prémisses ou hypothèses introduites, celles qui sont accessoires. Par exemple, la théorie du *parallélisme géodésique* énonce, sous forme permanente, un résultat valable pour toutes surfaces ayant une métrique riemannienne, avec quelques conditions de dérivabilité. Mais le caractère riemannien n'a aucun rôle causal, car cette théorie se prolonge par celle de la *transversalité,* valable aussi dans des conditions très larges pour les métriques variationnelles.

9. Pour réduire ses tâtonnements, le mathématicien ne craindra donc pas d'élargir ses thèmes d'études. Legendre, vers 1800,

proposait d'approcher le nombre π (x) des entiers premiers inférieurs à x par la fonction

$$\frac{x}{\text{Log } x - 1{,}08366} \quad (7)$$

Tchebyscheff, s'aidant d'une décomposition en facteurs premiers du produit $1 \times 2 \times 3 \times \ldots \times n$ prouva, par voie arithmétique, que l'approximation de Legendre appelle une retouche. Les résultats qu'il atteignit ainsi valorisaient une conjecture de Gauss d'après laquelle π (x) serait un infiniment grand équivalent à x/Log x. Cette proposition a pu être établie, par la théorie des fonctions (Hadamard, de la Vallée Poussin, 1893), puis élémentairement (Erdös, Selberg, Annals of Math., avril 1949). Ces deux types de démonstration ne dégagent pas la raison profonde de la propriété qu'elles légitiment. Bien qu'en suspens, l'effort accompli à cet égard en 1937 (Acta Math., t. 38) par M. Arne Beurling, est plus conforme aux vues précédentes : car il élargit l'étude de la répartition asymptotique des entiers premiers en attachant à toute suite croissante 1, y_1, y_2 ,..., y_n,... de nombres réels, sans plus, une nouvelle suite croissante 1, x_1, x_2 ,..., x^n,... faite de tous produits possibles d'un nombre fini d'éléments de la première, distincts ou non. Il étudie alors la solidarité entre les caractères asymptotiques de X (t), nombre des x_n ne dépassant pas t, et de Y (t), nombre des y_n ne dépassant pas t. Il se peut que ce genre d'études révèle plus tard des résultats décisifs : il n'est pas toutefois certain qu'un résultat mathématique exact puisse s'établir sous une forme assez brève, assez typique, pour que l'esprit y donne d'emblée sa pleine adhésion. Il y a là, évidemment, quelque chose d'un peu subjectif.

C'est encore le souci d'élargir les thèmes d'études qui a rénové le calcul des variations. Il s'agit dans tous les cas possibles de chercher le minimum d'une fonction numérique définie sur un ensemble, en omettant les particularités qui n'ont aucun rôle causal. Même remarque au sujet des méthodes permettant de résoudre des équations fonctionnelles du type $x(t) = F \{ x(t) \}$: cela peut s'interpréter comme la recherche d'un élément fixe dans une correspondance, recherche qu'assure en des cas étendus la méthode des approximations successives. C'est dans cette voie que s'est imposé le recours aux espaces abstraits. Loin d'alourdir, de telles innovations tracent dans la cité mathématique de grandes avenues.

10. J'ai déjà souligné, dans ce qui précède, la fortune grande ou petite que peut avoir un essai prospectif. Il arrive qu'il ne porte fruit qu'après un délai plus ou moins long. Telle prétendue démonstration, comme celle proposée par Riemann pour l'existence de la

(7) Voir à ce sujet, dans la présente revue, une étude de M. Jean-Maurice Chevallier, n°s 5-6, de 1950.

solution du problème de Dirichlet, n'est en fait que prospection. Il faut que la technique s'affine dans une large zone pour qu'un essai de ce genre se mute en une déduction achevée. Tel a été le cas à partir d'une suite de travaux s'échelonnant dans les premières décades de ce siècle depuis Hilbert et Lebesgue jusqu'à Tonelli : la prospection de Riemann, insuffisante de ce fait qu'elle se basait sur un analyse trop sommaire du *matériel des notions*, a pris alors toute sa force. Ceci va m'amener incidemment à signaler certains types d'erreurs mathématiques. Pour qui veut se préciser, *cette nature des choses*, chère à certains commentateurs, une étude systématique des démarches défectueuses n'est pas sans intérêt.

Or, la pensée prospective introduit une cause fréquente d'erreur : énoncé d'une conclusion (Γ) compatible avec un système assigné (H) d'hypothèses, mais non impliquée par (H). Cela signifie qu'il existe une collection d'objets pour lequel les (H) et (Γ) sont simultanément réalisées : en fait, pour réduire la collection de ceux qui vérifient (H) à la collection de ceux qui vérifient en même temps (Γ), on a besoin d'un système d'hypothèses (H) + (h). Dans l'estimation de (h), il se peut qu'il y ait surabondance, ce qui conduirait à supprimer des hypothèses accessoires. Ce qui importe, c'est le type d'erreur consistant au cours d'un examen trop rapide, à surestimer la compatibilité entre (H) et (Γ) et à en faire (indûment) le théorème (H) $\rightarrow$ (Γ). Cette surestimation de l'efficacité concédée aux (H) sera dite l'*erreur* S.

Par exemple, en admettant la loi d'actraction newtonienne entre chaque couple de particules d'une masse fluide en rotation autour d'un axe, on prévoit qu'il y aura compatibilité, d'une part, entre les hypothèses déjà formulées et celle d'équilibre relatif de la masse fluide, d'autre part, la conclusion C d'après laquelle la figure d'équilibre obtenue est un corps de révolution autour de l'axe. Mais c'est surestimer cette compatibilité entre les H et C que de vouloir en faire un théorème. Une propriété d'invariance intervient ici : de toute surface limitant une figure d'équilibre, on en déduit d'autres par les rotations autour de l'axe. Ceci n'implique pas toutefois que la dite invariance soit réalisée pour chaque figure d'équilibre prise séparément.

La même situation peut alors se reproduire à des variantes près. Considérons un problème P qui consiste à déterminer un ensemble de points d'après des conditions toutes invariantes par des transformations ponctuelles formant un groupe G. Supposons que ces conditions se répartissent en deux systèmes, l'un S_0 assigné une fois pour toutes, l'autre S' dépendant de paramètres. Si, exception faite de certains choix exceptionnels des paramètres, la réunion des conditions de S et de S' détermine univoquement une solution E de P, alors l'ensemble E détient l'invariance par G. Mais pour les choix exceptionnels des paramètres, P aura en général une collection CO de solutions et la propriété d'invariance par G ne va plus s'exercer

sur l'une de ses solutions prises individuellement, mais sur CO, envisagée à titre global.

Par exemple, supposons que le problème P consiste en la détermination d'une surface astreinte à la condition S_0 d'être une intégrale de l'équation

$$(E) \qquad pqz\,(x^2-y^2) + py\,(z^2+x^2) - qx\,(z^2+y^2) = 0$$

laquelle admet le groupe G des homothéties par rapport au point O. ($x = y = z = 0$) et ainsi, possède une famille d'intégrales qui sont des cônes de sommet O. Comme condition S' imposons à une intégrale de (E) de passer par une droite donnée D issue de O. Cela posé, la réunion des conditions S et S' détermine univoquement une paire de surfaces intégrales de (E) passant par D ayant chacune la même direction de plans tangents le long de D, et alors ces deux intégrales sont des cônes passant par O : mais cette propriété souffre exception lorsque D coïncide avec un des axes de coordonnées. Supposons-la, par exemple, confondue avec Ox ou Oy. On obtient alors comme intégrales des surfaces $z = \lambda xy$, dont la collection se reproduit par une homothétie de centre O, alors que chaque surface prise isolément se change alors en une autre de la collection (8).

On a là un exemple d'un cas très simple où se produit la circonstance suivante : étant donné un type d'erreur, on peut s'arranger pour qu'un énoncé, entaché de la dite erreur, soit cas particulier d'un énoncé E $(\lambda,\mu...)$ vrai, sauf pour des valeurs exceptionnelles des paramètres λ,μ... Ce qui n'était qu'erreur brutale vient alors s'offrir dans la théorie faite pour justifier E $(\lambda, \mu,...)$ comme un cas singulier.

11. Je voudrais donner au moins un exemple d'un cas vécu où un cheminement, assez typique. mène à un but d'abord incertain. Il s'agit ici de préciser la nature de l'image qu'on peut obtenir dans le plan en partant d'une courbe $y = \varphi(x)$ douée d'une tangente dont la pente $p = \varphi'(x)$ est une fonction continue, mais par ailleurs quelconque, et en soumettant cette courbe à une transformation de contact

$$X = X\,(x, y, y') \qquad\qquad Y = Y\,(x, y, y')$$

où X, Y ont des dérivées premières fonctions continues de l'élément x, y, y'. Vu que la fonction $\varphi'(x)$ ne sera pas en général à variation bornée, l'image de $y = \varphi(x)$ est en général un trajet de longueur non bornée, c'est-à-dire toute partie de cette image provenant d'un segment de longueur arbitrairement petite parcouru par x est en règle ordinaire de longueur infinie. Ce continu image est-il pourtant susceptible d'offrir des points intérieurs ? Il semble d'abord opportun d'examiner la chose pour une transformation très familière, par exemple la polarité réciproque

$$X = y' \qquad\qquad Y = x\,y' - y$$

(8) Cf. Gazeta de Matematica, n° 43, Lisbonne, 1950. Bien entendu, nous laissons ici de côté beaucoup de types d'erreurs. Voir à ce sujet Mémorial des Sc. Math., fasc. 71, n°s 12-13. Par ailleurs, on a souvent insisté sur des atteintes portées en géométrie à des relations d'ordre en modifiant la disposition relative de plusieurs points alignés, pour aboutir à des conclusions fallacieuses (tous les triangles sont isocèles, tous les angles ont droits). Ces exemples sont autant d'illustrations de la remarque formulée à la fin du second alinéa, dans le présent article.

relativement à la parabole $2y = x^2$. On peut commencer par étudier le passage de $y = \varphi(x)$ au lieu du point $\varphi'(x)$, $x\varphi'(x)$, lequel lieu rencontre en un seul point une droite issue de O, puis par ce dernier point, mener un segment σ parallèle à l'axe des y et de mesure algébrique $-\varphi(x)$. Il ne peut ici manquer d'apparaître que la longueur $|\varphi(x)|$ de ce segment ne saurait céder le pas à une fonction continue quelconque, sans quoi on pourrait s'arranger de manière que X, Y soient les deux fonctions de x donnant ce qu'on appelle une courbe de Peano. Par conséquent, *le fait que la longueur de* σ *est fonction dérivable de* x *présente une importance essentielle.* Le pas ainsi accompli, bien que modeste, n'est pas négligeable, car on sait construire une catégorie d'exemples (dépassant d'ailleurs le cas des transformations de contact) telle que *pour certains d'entre eux, la circonstance redoutée se produise* et que, *pour d'autres, elle ne se produise pas.* Alors, on n'est pas loin de la solution, même dans le cas plus large des transformations de contact soumises aux seules hypothèses ci-dessus. En effet, l'image de l'arc $y = \varphi(x)$ par une telle transformation est la même que celle de l'arc $p = \varphi'(x)$ du plan des x, p par la transformation ponctuelle

$$X = X[x, \varphi(x), p] \qquad Y = Y[x, \varphi(x), p]$$

laquelle a un jacobien continu, et qui, sur $y = \varphi(x)$, reste en module inférieur à une quantité fixe. Comme l'arc $p = \varphi'(x)$ est de mesure superficielle nulle, on établit aisément la même propriété pour son image par cette transformation ponctuelle, d'où l'absence de point intérieur.

B) — **Exemples subsidiaires**

12. Les indications qui précèdent seraient insuffisantes si l'on ne pouvait en tirer d'importants renseignements sur l'organisation *la plus naturelle* des théories classiques de l'algèbre et de la géométrie. Cette question est capitale au point de vue didactique. On ne peut vraiment établir les parties les plus élémentaires de la géométrie, qu'après avoir introduit ces opérations qui sont les transformations ponctuelles et fait une étude attentive des modalités de leur composition. Faute de quoi, on n'aurait, par exemple, qu'une idée vague du rôle des figures, auxquelles il doit être demandé (sans plus) de sauvegarder toutes les relations R mises en œuvre dans le schème contenant la démonstration formalisée. Il sera toujours possible de *transmuer* un premier modèle graphique en un second, par le jeu d'une transformation de traduction, sans altérer les relations R. L'algèbre envisagée comme une théorie générale des opérations participe donc à la fondation de la géométrie. Et toutes les écoles mathématiques s'accordent aujourd'hui à en mieux marquer la préséance. Avec la notion de *groupe*, elles inscrivent, à la base de la synthèse globale, celles d'*anneau*, d'*idéal* et de *corps*, qui, vers 1900, semblaient réservées à la théorie de ces nombres qui sont des zéros de polynômes à coefficients entiers, ainsi qu'à certaines de ses

ramifications. Tous ces concepts ont pris place dans la *partie algébrique* de la théorie générale des ensembles, c'est-à-dire dans celle qu'on peut développer indépendamment de toute hypothèse d'après laquelle une certaine topologie aurait été introduite (au moyen d'axiomes convenables) sur l'ensemble étudié. Un avantage de ce nouvel aménagement synthétique apparaît en particulier lorsqu'on se propose de définir en toute généralité et avec l'appui de la notion d'idéal, une variété algébrique (9).

13. Il serait difficile, au cours de la formation mathématique, soit entre 12 et 24 ans, de mener l'initié par une route qui le dispense de revenir sur son acquis. Mieux vaut l'avertir que ce bagage est revisable et qu'il doit se tenir prêt à remonter aux principes, quand la chose apparaît nécessaire. Pour revenir aux idées du début de cet article, il faut voir, en qui s'instruit, un sujet dont le sens de la nature des choses s'affine progressivement, comme s'est affiné ce sens, pris à titre collectif, au cours de l'histoire. Il n'est donc pas déplacé de prendre appui sur l'expérience ou progressivement sur les *mises à l'épreuve* plus subtiles (10), libérées des représentations familières et que l'expérimentateur aux pouvoirs renforcés exécutera pour le théoricien.

Tout cela n'aura qu'un rôle liminaire ; finalement, l'emportera le point de vue géométrique, auprès d'esprits suffisamment mûris pour voir dans la géométrie un champ opératoire où les opérations linéaires, associées à l'étude des réseaux de parallélogrammes, antécéderont, comme il est naturel, les opérations bilinéaires et quadratiques, liées à la théorie des déplacements. Vouloir *à priori* exiomatiser cette dernière, en se réclamant de fins intuitives, c'est en réalité méconnaître une évolution dans la mentalité de l'élève, évolution qui s'affirme quand il a bien assimilé les parties les plus classiques de l'algèbre, et qui dispense de lui présenter les choses dans un ordre qui ne manquerait pas, le moment venu, de paraître choquant.

14. Par ces remarques vient de se présenter un schème qui est à coup sûr l'un des plus importants parmi ceux qui peuvent étayer des théories diverses (voir la fin du n° 6). C'est celui qui, dans l'algèbre usuelle, contient l'étude des systèmes d'équations linéaires, auquel on rattache aisément la théorie des espaces vectoriels linéaires et des transformations linéaires : celles-ci considérées comme opérant sur des points, sont celles qui conservent les propriétés de *parallé-*

---

(9) Voir Van der Waerden, Modern Algebra, t. II, ou G. B., Principes de l'Analyse Géométrique t. II fasc. A p. 60. Le nouvel aménagement cité donne un exemple de ces réorganisations de schèmes dont le souci s'est affirmé à certaines étapes (voir à la fin du n° 6).

(10) Expression très juste, suggérée par des remarques de M. Léon Husson aux *Troisièmes Entretiens de Zurich*, et qui convient pour évoquer des expériences (c'est-à-dire des démarches d'essai pensables sous ce nom, mais par le mathématicien seul) quand ces expériences portent sur des espaces abstraits, par exemple. C'est pour le colloque cité que j'ai repris les thèmes précédents.

lisme et de *rectilignité*. Ce schème donne une souche très riche qui englobe, par le recours aux opérations multilinéaires, aux sous-groupes du groupe linéaire ainsi qu'à ceux du groupe projectif (groupe quotient du groupe linéaire par rapport à la relation de parallélisme entre vecteurs) la métrique euclidienne et diverses métriques non euclidiennes (espaces de Cayley), aussi bien d'ailleurs que la géométrie liée au groupe formé par les couples d'inversions (11). L'ensemble des notions et relations ainsi mises en cause s'offre comme un exemple simple et frappant de tout ce que peut receler un certain outillage mathématique (outillage qu'on pourrait ramifier et adapter à la théorie d'opérations linéaires plus générales en considérant des valeurs infinies de la domension, sous garantie de précautions topologiques).

15. Voici un autre exemple, plus particulier, mais important. Qu'il s'agisse de développer la théorie de la courbure, ou pour *une courbe plane*, ou pour *une surface* de l'espace euclidien, il faut aboutir à déterminer un centre de courbure dans le premier cas, deux dans le second. Or, ces points seront les mêmes pour toutes les courbes ou pour toutes les surfaces qui sont parallèles à la courbe ou à la surface donnée. Cela indique d'emblée la voie dans laquelle il paraît le plus opportun de cheminer, voie qui rejoint, après démonstration *de la propriété de parallélisme* (valable pour des courbes ou des surfaces admettant des éléments de contact du second ordre formant un ensemble continu), la méthode que j'ai suivie dans mes livres d'enseignement (12). On voit ainsi l'intérêt d'une étude générale des familles, linéaires par rapport à un paramètre, de transformations de contact (13). Avec ce point de vue, admis en théorie des surfaces, le groupement en développables des normales à une courbe gauche se fait en même temps pour chaque surface canal parallèle à cette courbe, et ainsi, apparaît le pourquoi de propriétés simples rencontrées dans ce problème (14).

*
**

En un siècle où quelques-uns se demandent si l'algèbre antécède les logiques ou si les logiques préludent à l'algèbre, j'espère que les pages qui précèdent permettront au lecteur de se faire une idée personnelle assez juste de la nature des choses en mathématiques !

G. BOULIGAND.

---

(11) Voir à ce sujet *les Principes de l'Analyse géométrique*, t. I, Paris, Vuibert, 1949, parties I et II, et aussi notes III et V.

(12) Voir le même ouvrage ; voir aussi l'*Initiation aux Méthodes vectorielles*, p. 161 et suivantes.

(13) Voir C. R. t. 232, 1951, p. 911.

(14) Voir *les Principes de l'Analyse géométrique*, t. II, fasc. A, note de la p. 195.

P. S. — Au moment de composer cet article, M. Gustave Guillaumin me signale une monographie de Ch. Lucas de Pesloüan sur N. H. Abel (Gauthier-Villars, 1906), où l'auteur insiste (p. 27) sur l'un des caractères du grand mathématicien : « C'est une certaine forme d'invention ou plutôt une certaine méthode d'invention, méthode instinctive, qui se manifestera plus clairement à mesure que nous avancerons dans notre étude et qui est la recherche de la *raison d'être des faits mathématiques* ; Abel la formulera plusieurs fois lui-même : « J'ai trouvé, écrira-t-il de Paris, la raison pour laquelle les équations jusqu'au degré 4 sont résolubles et non pas les autres. »

Et le commentateur ajoute : « Cette recherche de la *raison*, de la *cause* d'un résultat, il n'est pas un mathématicien qui ne l'ait faite ; il n'en est pas un qui n'ait senti quelque différence entre la *raison rationnelle* d'un fait, c'est-à-dire la raison tenant à la nature même des choses, et la *raison logique*, laquelle tient seulement à l'ordre d'un raisonnement... »

ERRATUM

Nous nous excusons tant auprès de nos lecteurs que de M. le Professeur Henri Cartan, de l'erreur ridicule commise à l'imprimerie à la mise en page du petit article de M. Georges Bouligand (N° 3/4, page 112) : en recomposant le titre, le nom d'Elie Cartan est devenu Elie Carlan.

LA SUSPENSION DE LA VIE AUX CONFINS DU ZÉRO ABSOLU CHEZ CERTAINS ORGANISMES

Par le Professeur Paul BECQUEREL
Correspondant de l'Académie des Sciences

I. - Comment porter les organismes vivants au zéro absolu ?

Depuis bien longtemps (1909), j'avais entrepris des recherches sur l'action des basses températures sur les germes des Bactéries, des Champignons, des Algues, des Lichens, des spores de Mousses, des grains de pollen, des graines, leurs germinations, des tubercules de certaines plantes à fleurs et sur les animalcules reviviscents. J'avais déjà démontré que tous ces organismes pouvaient supporter les actions de la déshydratation, des hauts vides et des basses températures de —190° de l'air liquide, de —250° de l'hydrogène liquide, de —271° de l'hélium liquide. Aujourd'hui, j'ai voulu aller plus loin, aux confins du zéro absolu, c'est-à-dire à quelques millièmes près de —273° C, la basse température limite. Il y a déjà dix ans que je voulais utiliser l'action de ces basses températures voisines du zéro absolu qu'on obtient par la démagnétisation adiabatique de l'alun de fer dans l'hélium liquide, mais j'avais été retardé non seulement par la guerre qui avait désorganisé les laboratoires cryogènes, mais encore par les grandes difficultés qu'il y avait à inclure les germes dans les comprimés d'alun de fer et à les débarrasser ensuite de cette substance toxique pour les cultiver.

Aussitôt ma technique au point, j'ai envoyé, il y a près d'un an, au mois de mai 1950, au Laboratoire Cryogène de Leyde, inclus dans la poudre sèche comprimée d'alun de fer, divers organismes : animalcules, graines, spores des Bactéries et des Champignons, Lichens, Algues et Mousses, que j'avais soigneusement déshydratés dans le vide quelques mois auparavant jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de dégagement de vapeur d'eau.

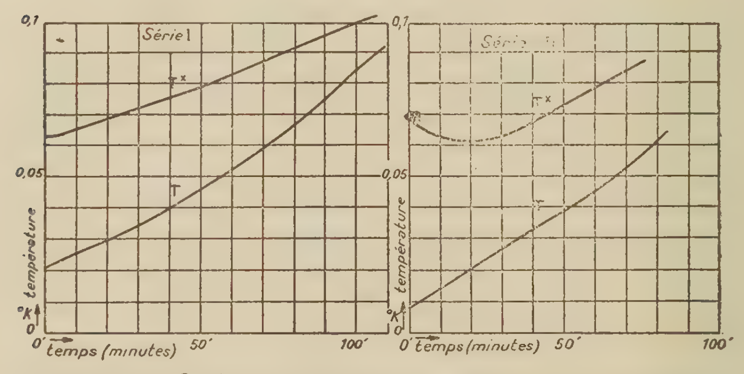
Mon collègue, le professeur J. Gorter, directeur de ce laboratoire, a bien voulu consacrer à ces expériences deux séances d'hélium liquide et de marche de son puissant électro-aimant.

Après avoir suspendu le tube d'alun de fer contenant les germes au milieu de l'hélium dans un appareil en verre qu'il avait fait souffler, il déposa celui-ci dans son appareil de démagnétisation adiabatique. La démagnétisation a été produite deux fois pendant

une heure chacune et l'on peut constater sur les courbes qu'il m'a envoyées avec mon tube d'alun, contenant les organismes, les valeurs de la température thermodynamique T.

Pendant ces deux heures d'expérience, la température thermodynamique a été plus basse que 1/20 de 0° K. Elle a oscillé entre 0,0075° K et 0,047° K (c'est-à-dire entre —272,953° C et —272,9925° C).

Remarquons déjà qu'aux basses températures, dépassant 0,10° K, la pression de l'hélium étant nulle, le vide a été un des plus parfaits qu'on puisse actuellement réaliser.



Série I et série II. Courbes de la température magnétique T x et de la température thermodynamique T pendant 60 minutes, chaque série d'après M. J. Gorter.

Dès que j'ai été en possession de mon tube d'alui de fer fermé dont la dessiccation avait été maintenue par du chlorure de calcium, j'ai débarrassé les germes de la poudre d'alun de fer et je les ai mis à germer avec toutes les précautions bactériologiques nécessaires dans les boîtes de petri, dans les tubes contenant les milieux de cultures stérilisées. Ils ont tous commencé à germer, comme les témoins que j'avais conservés et ensemencés en même temps.

II. - Les animalcules reviviscents congelés.

Je ne parlerai d'abord que des animalcules reviviscents desséchés, des parcelles de Xanthoria parietina, placés dans une pellicule repliée de cellophane et introduites dans la poudre d'alun de fer. Les Tardigrades qui s'y trouvaient étaient des Hypsibius Oberhäuseri, des Milnesium tardigradum et des Rotifères, Callidina constricta, Philodina roseola. Au bout de deux heures, leur reviviscence se manifesta sous le microscope au milieu des débris du Lichen

dans l'eau stérilisée d'un verre de montre. Les témoins placés dans un autre verre de montre se réveillèrent presque en même temps.

Ces animalcules reviviscents étaient d'autant plus intéressants qu'ils provenaient d'un des tubes que j'avais conservés depuis huit ans dans le vide sec et que j'avais plongés dans l'air liquide pendant deux semaines en avril 1948. Dans ces conditions, encore plus exceptionnelles que celles que j'avais réalisées précédemment, pendant leur refroidissement aux confins du zéro absolu dans le vide le plus complet, il ne s'agit pas pour ces êtres, comme on le prétend encore, d'une résistance particulière à l'asphyxie, d'une sorte de survie ou d'un ralentissement extrême des phénomènes physico-chimiques, de l'assimilation ou de la désassimilation protoplasmique de leurs cellules, mais bien de leur arrêt, de leur suspension susceptible de durer aussi longtemps que ces conditions se maintiennent, car nous ne devons pas oublier que, sous les actions simultanées du froid, de la déshydratation et du vide le plus élevé, l'état colloïdal du protoplasme, de ses substances organiques complexes, de ses diastases, de ses hormones, sans trace d'eau liquide ni de gaz, a été complètement supprimé.

La matière vivante des cellules différenciées du corps de ces animalcules a été solidifiée. Elle est devenue aussi inerte que de la matière brute et cependant elle a conservé par la reversibilité de sa synérèse la propriété de reprendre son ancien état colloïdal au dégel, puis son activité, quand de nouveau elle a absorbé l'eau, le gaz et les radiations calorifiques nécessaires. Nous avons là une nouvelle preuve décisive du rigoureux déterminisme des phénomènes vitaux découverts par Claude Bernard.

III. - Les spores desséchées des Bactéries et des Moisissures vers le zéro absolu.

Avec les animalcules, nous avions aussi retiré de la poudre comprimée d'alun de fer, qui avait été plongée dans l'hélium liquide et qui avait subi l'action du magnétisme et de la démagnétisation adiabatique, des spores desséchées du Bacillus subtilis, du Bacillus mesentericus, du Penicillum glaucum, de l'Aspergillus niger, du Mucor mucedo et du Rhizopus niger.

Ces organismes avaient été aussi fixés sur de petites lamelles de cellophane repliées et inclus dans la poudre d'alun de fer desséchée. Comme les animalcules, ils avaient subi pendant deux heures le vide le plus élevé et la température la plus basse entre 0,0075° K et 0,047° K.

Ces bactéries et ces spores, retirées de leur milieu, après avoir été débarrassées des pellicules de la poudre d'alun de fer toxique qui les protégeait, furent ensuite ensemencées dans du bouillon et sur des fragments de pommes de terre alcanisées et stérilisées dans des tubes de culture, en même temps que, dans d'autres tubes de

culture, les organismes témoins desséchés et prétogés dans les mêmes conditions, enfermés dans des flacons stérilisés fermés. Ces bactéries et ces spores germèrent et se multiplièrent comme celles des tubes témoins au bout de quelques jours à la température de 25° C. Ces résultats confirmaient ceux que nous avions obtenus aux températures de l'air liquide et de l'hydrogène liquide entre —190° et —250° (en 1910). Cependant, ils sont plus complets, ils nous apportent la certitude que les germes ont subi simultanément les actions combinées de la déshydratation, du vide et de la température la plus basse, qu'ils ont été intégralement synérésés et solidifiés. Leur protoplasma ne pouvait plus être en vie ralentie à l'extrême, car il avait perdu, avec son état colloïdal, les conditions indispensables à la manifestation des phénomènes physicochimiques de la Vie. Cependant, il avait aussi conservé sa propriété de reviviscence tant que durent les conditions exceptionnelles.

IV. - La panspermie est-elle possible ?

Celles-ci étant réalisées dans les espaces interstellaires, comme l'avait fait remarquer, il y a longtemps, Svanté Arrhenius, dans son ouvrage sur l'évolution des Mondes et la dissémination de la Vie dans l'Univers, les spores qui s'y trouveraient pourraient presque indéfiniment rester en vie suspendue. L'illustre savant avait calculé la diminution de la puissance germinatrice des spores à la température de —220° C. « En raison du ralentissement de leurs réactions chimiques, nous disait-il, celle-ci ne diminuerait pas plus à cette température réalisée dans les espaces cosmiques, de trois millions d'années que dans une seule journée à 10° C. » Que n'aurait-il pas affirmé s'il avait connu nos résultats aux confins du zéro absolu ? Nous apportons donc une nouvelle confirmation pour la résistance des spores que prévoyait Arrhenius et sur laquelle il appuyait sa conception de la panspermie interastrale. Selon cette hypothèse, dont était aussi partisan le grand Van Tieghem, Arrhenius nous disait : « La vie, comme la matière, existe de toute éternité dans l'univers. Elle se transmet de monde en monde, par des germes en vie latente. Rien ne s'oppose à ce que des spores, des particules vivantes desséchées plus petites que les longueurs des ondes lumineuses, soient emportées par la pression de radiation dans le vide glacé des espaces interstellaires jusqu'à ce qu'elles rencontrent les poussières cosmiques d'un nouveau système solaire. Attirées sur elles par attraction de leur masse, elles tomberont lentement [dans l'atmosphère d'une nouvelle planète et l'ensemenceront] si les conditions sont favorables. C'est ainsi que la Vie a pu apparaître sur la Terre et que la Terre ensemencerait d'autres mondes. » Nous avons vérifié par nos expériences si les germes ne succomberaient pas dans ces fabuleux voyages de système solaire en système solaire et nous avons trouvé que, malheureusement, les radiations ultraviolettes (1910, C. R., p. 866) du Soleil les décomposeraient même congelés dans le vide à la basse tempéra-

ture de l'air liquide au bout de six heures. On a bien objecté que les germes pourraient être protégés dans les interstices des poussières cosmiques ou se trouver à l'intérieur de météorites (Van Tieghem). Mais ces dernières sont toujours d'origine ignée, ayant été portées à des températures de 1.500 à 2.000° avant de se refroidir. D'autre part, comme l'a remarqué Fabry, Arrhenius avait oublié dans son hypothèse que, même dans le vide glacé, tout germe, non transparent ni réfléchissant, s'approchant du Soleil, absorbant ses radiations lumineuses, les transformerait en radiations calorifiques ; sa température deviendrait incompatible avec la résistance du protoplasma.

Quoi qu'il en soit, trois conclusions importantes pour la dissémination de la Vie et sa conservation dans l'Univers résultent de nos expériences sur les spores déshydratées dans le vide aux confins du zéro absolu.

1°) Ces spores solidifiées à l'état de vie suspendue, si elles sont placées à l'abri des radiations abiotiques cosmiques paraissent susceptibles de supporter le vide glacé des espaces interstellaires pendant d'énormes durées sans perdre leur pouvoir germinatif.

2°) La panspermie interastrale, qui semble actuellement impossible, deviendra réalisable avec les progrès de l'astronautique, lorsque des appareils ou des projectiles pourront emporter les germes protégés sur d'autres mondes dont les conditions seraient favorables à leur évolution.

3°) La vie latente des germes aux basses températures est encore le moyen le plus efficace pour conserver le plus longtemps possible la vie sur la Terre.

En effet, que le froid envahisse un jour notre planète, soit par l'éloignement du Soleil, soit par l'absorption de ses radiations ou par leur extinction à la suite de certains événements astronomiques, notre atmosphère se liquifierait, comme cela est déjà arrivé pour les atmosphères de Jupiter, d'Uranus, de Neptune, de Pluton. Le monde végétal et le monde animal disparaîtraient. Seuls longtemps subsisteraient en vie suspendue les spores, les œufs, les animalcules reviviscents, prêts à une nouvelle évolution si des conditions favorables revenaient.

V. - La vie latente des graines.

Nous arrivons maintenant à la vie latente des graines aux confins du zéro absolu. Mais auparavant, quelques explications sur la vie des graines dans les conditions ordinaires sont nécessaires, pour que nous puissions nous rendre compte des progrès accomplis par l'emploi de basses températures. Avant nos recherches, deux thèses contradictoires s'affrontaient sur la vie des graines, celle de Claude Bernard et celle de Van Tieghem et de Gaston Bonnier. Claude Bernard pensait que la vie latente était virtuelle. « Elle existe prête à se manifester, si on lui fournit les conditions exté-

rieures convenables, mais elle ne se manifeste aucunement si ces conditions font défaut. La graine possède en elle tout ce qu'il faut pour vivre, mais elle ne vit pas parce qu'il lui manque les conditions physiologiques nécessaires : L'eau, l'air, la chaleur, l'humidité et l'air ne sont pas la vie, l'organisation seule ne la constitue pas davantage ; si les graines perdent leur pouvoir germinatif, c'est à la suite des altérations purement chimiques qu'elles subissent. »

Par contre, Van Tieghem et Gaston Bonnier, s'appuyant sur leurs expériences des graines dans l'air confiné et sur celles dans l'acide carbonique où ils constatent dans les premières l'absorption d'oxygène et le dégagement d'acide carbonique, au bout de deux ans de la part des graines de Pois, et dans les secondes la suppression du pouvoir germinatif, proclament « que la Vie latente n'est, en réalité, qu'une vie ralentie aérobie. Si on supprime l'air, si on place les graines dans l'acide carbonique, ce qui les empêche de respirer, on les tue. « Il faut donc supprimer ce terme équivoque de Vie latente et le remplacer par celui de vie ralentie aérobie. »

VI. - Vie ralentie aérobie ou anaérobie des graines.

Qui a tort ? Qui a raison ? C'est ce que j'ai recherché. J'ai alors refait les expériences de Van Tieghem et de Gaston Bonnier et j'ai découvert que les échanges gazeux qu'ils avaient mis en évidence n'étaient pas dus à la respiration, mais à une simple oxydation de la cuticule cireuse du tégument mort des graines, tégument qui, quand il est sec, est complètement imperméable aux gaz de l'atmosphère dans toutes ses parties, même celle du hile et du micropyle des graines de Pois dont ils s'étaient servis. En fermant avec le tégument l'extrémité du tube ayant la longueur des tubes barométriques, en les remplissant de mercure et en les retournant sur une cuve à mercure, on obtenait de pseudo baromètres où le vide se maintenait pendant des années, le niveau du mercure oscillant comme dans celui d'un baromètre témoin.

L'acide carbonique qui avait tué les graines dans les expériences critiques n'était pas de l'acide carbonique pur et sec et la grande teneur en eau des graines rendant les téguments perméables, avait laissé passer l'acide carbonique impur et détruit le pouvoir germinatif. Les mêmes graines de Pois, décortiquées et suffisamment desséchées, pouvaient impunément se conserver dans l'acide carbonique pur, l'azote pur desséché et le vide sec, sans perdre leur pouvoir germinatif.

Ces expériences, réalisées avec beaucoup d'autres espèces de graines, donnèrent les mêmes résultats. Elles prouvèrent qu'il fallait refaire toutes les expériences des anciens auteurs avec des graines aux téguments perforés. Elles démontrèrent que la vie aérobie ralentie des graines n'existait pas. « S'il y avait une vie ralentie, lorsque la teneur en eau de la graine est assez grande, celle-ci ne

pouvait être qu'*anaérobie*. Dans les conditions naturelles, les graines aux téguments imperméables au gaz, comme celles des Légumineuses, ne présentent pas d'échanges gazeux avec l'atmosphère. Elles sont enfermées dans leurs téguments comme dans un vase clos. Leur vie ralentie ne peut se faire qu'aux dépens des traces d'eau et d'air enfermées dans leur tissu déjà très desséché. Elles passent ainsi facilement de la vie ralentie *aérobie* à la vie ralentie *anaérobie*, puisque leurs amandes se conservent dans le vide sec. Connaissant ces conditions, j'ai tout de suite supposé que les graines qui gardaient le mieux leur pouvoir germinatif, c'étaient celles qui étaient les mieux abritées de l'air et de son hygrométricité par leurs téguments imperméables. Je fis alors une longue enquête sur le pouvoir germinatif des graines conservées dans la graineterie du Muséum d'Histoire Naturelle. Mes prévisions furent confirmées. Celles qui tinrent le record de la longévité, que nous appelons les graines macrobiotiques, après vérification, furent celles dont le tégument était complètement imperméable. Ainsi j'ai fait germer les plus anciennes : l'Astragalus Massiliensis âgée de 86 ans ; Dioclea pauciflora, 93 ans ; Leuaena leucocephala, 99 ans ; Cassia bicapsularis, 115 ans, et Cassia multijuga de l'herbier d'Adanson, 158 ans (du début du règne de Louis XVI). Je dépassais le record des graines conservées au British Museum où Robert Brown avait obtenu, en 1850, la germination des graines très dures de Nelumbium speciosum, âgées de 150 ans. Mes cas de longévité exceptionnelle dépassaient aussi ceux d'Ewart et de Turner avec leurs graines d'Hovea heterophylla de 105 ans et celles d'Anthyllis vulneraria et d'un Trifolium stiatum de 90 ans !

VII. - Comment réaliser expérimentalement la vie latente ?

Mais dans tous ces cas il ne s'agissait pas encore de véritable vie latente, d'une suspension complète de tous les phénomènes de l'assimilation et de la désassimilation protoplasmiques. Les phénomènes vitaux pouvaient être extrêmement ralentis. Or, par quelle méthode pouvait-on les suspendre dans les graines ? C'est ce que j'ai recherché. D'abord, la déshydratation la plus poussée suffiraitelle ? N'allait-on pas, en déshydratant les graines, tuer leur protoplasma, le coaguler, ou encore le décomposer en lui retirant l'eau de constitution de ses protéides ? Avant moi, un excellent chimiste, Maquenne, avait essayé. Mais il avait oublié de perforer le tégument de ses graines, ce qui arrêtait la sortie de la vapeur d'eau, lorsque ce dernier était trop sec. Il desséchait les graines dans le vide avec l'aide de la baryte caustique et de l'anhydride phosphorique. Au bout de plusieurs mois il arrêtait la déshydratation, lorsque les niveaux de mercure dans les deux branches du manomètre de sa trompe restaient constants. J'opérais autrement avec une méthode plus sensible. J'avais fait sceller deux électrodes dans le tube contenant les graines décortiquées où l'on faisait le vide. La

dessication étant terminée, lorsque l'étincelle électrique ne passait plus. Il n'y avait plus de dégagement de vapeur d'eau. C'est encore beaucoup plus sensible que la balance indiquant un poids constant. Au temps de Maquenne, la technique du vide n'était pas encore aussi poussée que maintenant avec les pompes moléculaires desséchant au bout d'une semaine à une température ne dépassant pas 40°. Mais, quels que soient le vide et la dessication opérés, je m'aperçus bien vite que cela ne suffirait pas pour être certain que la déshydradation *était parfaite* et que les échanges gazeux avaient été supprimés.

Il peut toujours se faire que les membranes desséchées des cellules deviennent imperméables ou que l'émission très faible de vapeur d'eau s'arrête, après plusieurs mois dans le vide du tube, détaché de la pompe moléculaire. C'est alors que je résolus de combiner les actions de la déshydratation, du vide avec celles des basses températures empêchant des traces d'eau libres de provoquer des réactions chimiques.

En 1909, avec le précieux concours du savant physicien de Leyde, Kamerlingh Onnes, j'avais déjà soumis à son laboratoire cryogène pendant trois semaines à la température de l'air liquide (—190°) et ensuite, pendant 77 heures, à celle de l'hydrogène liquide (—253°), des graines décortiquées de Luzerne, de Moutarde, de Blé qui avaient été desséchées lentement dans le vide en présence de baryte caustique anhydre pendant deux semaines à la température de 35°. Ces organismes, enfermés dans des tubes scellés où l'on avait réalisé un vide de 1/10.000 de millimètre de mercure, après un an furent ensemencés en même temps que des graines témoins. Elles donnèrent de belles germinations sans accuser la moindre perte du pouvoir germinatif.

Seize ans plus tard, en 1925, comme on obtenait au Laboratoire de Leyde des températures encore plus basses, celles de l'hélium liquide entre —296° et 270°, nous nous sommes demandés si, en soumettant les graines à cette température, simultanément avec la plus grande déshydratation et le plus haut degré de vide, leur pouvoir germinatif ne serait pas aboli. Le vide obtenu était de l'ordre du millième de millimètre de mercure. Les graines subirent l'épreuve du froid oscillant entre —269° et —270° C pendant dix heures et demie. Ce furent des graines de Raiponce, de Tabac, de Julienne, de Trèfle, d'Amarante, d'Escholtzia, de Muflier, de Linaire. Le pouvoir germinatif des graines dont nous avons obtenu ensuite les germinations fut un peu plus élevé que celui des graines témoins.

Enfin, puisque nous pouvons maintenant atteindre le zéro absolu, nous avons réussi à porter de la même façon que les autres germes, incluses dans la poudre sèche comprimée de l'alun de fer, à la température de l'hélium liquide, des graines au tégument perforé, desséchées, de Luzerne, de Trèfle, puis de Tabac et de Petunia, pendant *deux heures* à une température oscillant entre 0,0075° K

et 0,047° K à quelques millièmes du zéro absolu pendant la démagnétisation. Ces graines, débarrassées de la poudre d'alun de fer par des lavages répétés à l'eau distillée, ont été mises à germer avec des témoins sur de la ouate stérilisée dans des boîtes de petri à la température de 20° C. Elles ont donné au bout de quelques jours des germinations comparables, n'accusant aucune perte du pouvoir germinatif ni de leur vitesse de croissance.

VIII. - Au zéro absolu la vie sera-t-elle suspendue ?

Donc sous les actions combinées de la déshydratation, du vide et de la plus basse température voisine de quelques millièmes du zéro absolu, le protoplasma de leurs cellules et leurs organites, vacuoles, noyaux, chromosones, nucléoles, plastes, mitochondries, liposomes, enzymes, sans traces d'eau liquide ni d'atmosphère gazeuse, ont été complètement solidifiés. Leur état colloïdal, après synérèse, a été supprimé et cependant, lorsque ces graines ont été replacées dans leurs conditions normales, eau, gaz de l'atmosphère, température, lumière, elles ont repris au dégel avec leur état colloïdal, leurs fonctions physiologiques. S'agit-il là véritablement de vie suspendue ? Beaucoup de physiologistes ne l'admettent pas. Mon maître regretté, A. Dastre, résumant leurs opinions, déclarait dans son livre « La vie et la mort » : « Dans cette question des échanges gazeux, surtout lorsqu'ils sont intracellulaires ou intermoléculaires, comment peut-on trancher entre peu et rien ? Là où l'expérience hésite, la doctrine affirme. Elle admet bien à priori que l'assimilation protoplasmique ne subit ni arrêt ni reprise, mais suit une marche continue ». La continuité des phénomènes vitaux, depuis leur apparition sur la Terre, il y a environ deux milliards d'années, n'a donc jamais été interrompue, mais simplement ralentie dans les germes qui propagent les individus de génération en génération.

Admettons que ces physiologistes aient raison, comment vont-ils interpréter dans ce sens les phénomènes biologiques de la graine, si, comme nous l'avons déjà expérimenté, nous faisons intervenir, en plus de la déshydratation et du vide extrême, l'action des basses températures, de l'air liquide (—190°), celle de l'hydrogène liquide (—253°), celle de l'hélium liquide (—271°), enfin maintenant celle du zéro absolu à quelques millièmes près (—272,992) ? D'après les remarquables travaux de Van T'Hoff, il est démontré que la vitesse des réactions chimiques intermoléculaires est fonction de la température. Une élévation de 10° C suffit à doubler approximativement la vitesse d'une réaction chimique. Inversement, nous pouvons déduire qu'un abaissement de 10° C produit un ralentissement deux fois plus grand.

D'après les théories de Ch. Eugène Guye sur la vitesse de la dissociation des molécules amorçant les réactions en partant de la formule de Van T'Hoff $\frac{V_T}{V_{T_0}} = \exp. A \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)$ si l'on admet que

les réactions physicochimiques de la vie latente des graines, entretenant la conservation de leur pouvoir germinanif dans les conditions naturelles, se produisent normalement entre 10 et 20° C. Alors pour une constante A = 5750, les vitesses théoriques de ralentissement calculées au fur et à mesure de l'abaissement de la température, seraient les suivantes :

à —100°C elles seraient 85.000 fois plus lentes qu'à 20° C.
à —200° C elles seraient 8.150.000 fois plus lentes qu'à 20° C.
à —250° C elles seraient 4.840.000.000 fois plus lentes qu'à 20° C.
à —270° C elles seraient 71 trillions 300 milliards de fois plus lentes qu'à 20° C.
à —273° C suppression complète des réactions chimiques.

Or, dans le cas présent, il ne s'agit pas de la vie ralentie à l'extrême, mais bien de la vie suspendue, parce que, avec les actions combinées du vide, de la déshydratation et du froid aux confins du zéro absolu, le protoplasma, tant qu'il est solidifié et synérésé, est privé par la suppression de son état colloïdal des conditions nécessaires à la production des réactions chimiques intermoléculaires de la Vie. Mais pour combien de temps ? La théorie ne suffit pas à l'affirmer. Seules pourraient l'indiquer des expériences à très longue échéance dans des tubes scellés, contenant des graines microscopiques, à l'abri des radiations abiotiques et plongées dans les gaz liquéfiés. Tous les dix, cinquante, cent ans et plus, on pourrait constater, par comparaison avec des graines dans des tubes témoins où règnent les conditions ordinaires, si leur pouvoir germinatif n'a pas varié.

IX. - Algues, Mousses, Lichens aux confins du zéro absolu.

Il nous reste maintenant à examiner la congélation aux confins du zéro absolu d'organismes verts n'ayant plus la même résistance que les spores et les graines ayant habituellement dans leur protoplasma une plus grande teneur d'eau, mais qui supportent facilement une assez grande déshydratation.

Ce sont des Algues vertes très communes : Pleurocoques, Chlorelles, Stichocoques, Merismopedia, Ulothrix ; des Lichens avec leurs gonidies, tel le Xanthoria parietina ; des Mousses, comme les Grimmia, les Barbula. Ces organismes contenant de la chlorophylle protégés dans le pli d'une lamelle de cellophane et inclus dans la poudre sèche d'alun de fer, ont été également plongés dans l'hélium liquide à —271°. Soumis à la démagnétisation adiabatique, la basse température est passée, comme l'indiquaient les courbes de M. Gorter, directeur du laboratoire cryogène de Leyde, de 0,0075° K à 0,047° K pendant deux heures. Ces divers organismes, après le dégel, furent retirés de la poudre d'alun de fer et ensemencés dans des milieux stérilisés convenables que j'avais préparés. Ils ont été examinés comparativement au bout d'un mois avec les organismes témoins que j'avais conservés et ensemencés dans les mêmes condi-

tions. Tous avaient repris leur vitalité, leur croissance et leur multiplication. La reviviscence fut complète.

Nous avions déjà constaté, dans les expériences antérieures, que les Algues, Lichens et Mousses supportaient facilement la dessiccation, le vide, les actions des basses températures de l'air liquide, de l'hydrogène liquide, de l'hélium liquide, mais nous n'avions pas encore réussi à leur faire atteindre à quelques millièmes près le zéro absolu.

Or, comment expliquer que les plantes desséchées aient pu supporter d'aussi basses températures sans avoir été désorganisées par la congélation, et par quel processus peuvent-elles reprendre au dégel leur vie active ?

Depuis près de cent ans (j'en ai donné la bibliographie dans un article récent : « L'action du froid sur la cellule végétale » publié par le botaniste de Dangeard en 1949), d'éminents physiologistes ont cherché à résoudre ce problème qui intéressait aussi bien l'agriculture que la géographie botanique, la répartition des plantes vers les pôles et au sommet des montagnes. Et ils n'ont pas trouvé, parce que les connaissances, à leur époque, sur la physique des colloïdes congelés n'étaient pas encore assez avancées.

D'éminents physiologistes, tels que Sahs, Pfeffer, Molisch, Maximow et, tout dernièrement, Marin Molliard, n'ont pas pu nous dire quand la mort se produit dans la cellule subissant l'action du froid. Est-ce au début du gel, pendant le gel ou au moment du dégel ? Pourquoi une petite gelée dans nos contrées, à une faible température de —15°, cause des dégâts considérables aux récoltes, alors que, dans d'autres circonstances, une gelée de —25° ne fait aucun mal ?

X. - La synthèse cytonucléoplasmique est le mécanisme physique de la congélation des êtres vivants.

Tous ont émis sur l'action du froid sur la cellule des hypothèses contradictoires. Les uns ont dit que c'est la formation de glace dans les cellules qui amène leur mort. Les autres ont affirmé que c'est par la dessiccation produite par le froid que le protoplasma se plasmolyse et coagule. Ainsi Matruchot et Molliard, etc.

Eh ! bien, pour le savoir sans émettre aucune hypothèse, il fallait examiner la même cellule au microscope, avant la congélation, pendant la congélation et au dégel. Ce n'était qu'une question de technique. Je l'ai résolue et c'est ainsi que j'ai découvert, en 1937, que, sous l'action du froid, il se produit un phénomène physique complexe, qui avait échappé à tous les anciens observateurs. L'essentiel de ce phénomène occasionné par le froid est une contraction de la cellule, de sa masse cytoplasmique et nucléoplasmique, sa diminution de volume par exsudation d'eau surtout pour

le noyau, ce qui est facilement mesurable au micromètre oculaire. Nous l'avons appelé la synérèse cytonuléoplasmique. Ce phénomène aurait été confondu par certaines physiologistes avec la plasmolyse et rapproché de la fanaison à la suite de la sécheresse. Mais il n'a rien de commun, car les cellules synérésées par le froid ne présentent pas les figures de la plasmolyse. Leur protoplasma, plus dense pendant leur refroidissement et leur noyau plus petit restent en place, ainsi que les membranes périnucléaires et périvacuolaires.

Leurs molécules protéiques rompant leur liaison avec les molécules d'eau, ces dernières s'en séparent et se congèlent, soit en dehors de la cellule dans les méats, soit dans les vacuoles. La matière vivante déshydratée, synérésée perd son état colloïdal. Elle se modifie ensuite sans qu'elle éprouve de modifications chimiques. La plante devient aussi rigide, aussi dure que si elle était silicifiée. On a souvent dit qu'elle était vitrifiée, mais ce n'est pas une véritable vitrification, car ce phénomène de solidification est beaucoup plus complexe. La matière vivante n'est pas devenue amorphe. Elle ne s'est pas coagulée. Elle aurait perdu, de ce fait, sa structure, son orientation moléculaire et sa propriété de reviviscence.

Au dégel, que va-t-il se passer ? Il y aura une alternative :

1°) Ou bien les molécules protéiques hydrophiles, de nouveau au contact des molécules d'eau, sont incapables de reprendre leur liaison et de reconstituer l'ancien système colloïdal vivant. Alors, sous des actions diverses (cristaux de glace désorganisant les membranes plasmiques, eau mélangée aux substances acides du suc vacuolaire) difficiles à préciser, elles s'agglutineront et elles formeront les grosses nucelles du coagulum. La synérèse aboutissant ainsi à la coagulation, à la mort, sera irréversible. On dira que les cellules ont été tuées par le dégel.

2°) Ou bien les molécules protéiques hydrophiles reprendront leur liaison avec les molécules d'eau et ne se coaguleront pas. Elles reconstitueront le système colloïdal vivant initial susceptible d'être encore synérésé, si l'on fait agir de nouveau le froid. Alors la synérèse deviendra reversible, les cellules gelées survivant à leur dégel.

C'est le cas de tous les organismes suffisamment déshydratés en vie ralentie anaérobie, comme les spores des Bactéries, des Algues, des Mousses, des Lichens qui ont supporté, dans nos expériences, les plus basses températures, même celles voisines du zéro absolu. Elles ont dégelé sans périr et sans accuser la moindre perte de leur pouvoir germinatif ou de leur faculté de reviviscence.

Connaissant ces faits, il était utile de rechercher quelles étaient les causes qui, après la synérèse, amenaient, au dégel, la coagulation du protoplasma des organismes en vie active, c'est-à-dire leur mort.

XI. - Au dégel, comment la mort ou la survie ?

A une époque où nous n'avions pas encore découvert la synérèse, croyant comme tous les physiologistes qu'il s'agissait de mort par plasmolyse, nous avions déjà constaté que les graines gonflées d'eau aux débuts de leur germination, plongées dans l'air liquide à —19° C, puis remises à germer sur de la ouate humide à la température ordinaire, succombaient toutes. Mais si, avant l'épreuve du froid, on prenait la précaution de retirer une partie de leur eau jusqu'à ce qu'elles n'en contiennent plus que 12/100, il était possible de les plonger dans l'air liquide pendant autant de temps que l'on voulait. Au dégel elles reprenaient facilement leur germination sur de la ouate humide à la température de 25° C.

Les mêmes résultats avaient été obtenus avec des plantules de Blé déshydratés, des racines de Renoncules et d'Anémones desséchées. C'était donc bien la trop grande quantité d'eau cellulaire qui, encore cristallisée, faisait obstacle, au dégel, à la reprise de la vie. Or, comment cette eau cellulaire empêchait-elle le protoplasma synérésé par le froid de reprendre au dégel son ancien état colloïdal nécessaire aux fonctions physiologiques ? Nous avons alors trouvé que c'était le manque d'affinité des molécules protéiques pour les molécules d'eau cristallisées, dégelant trop lentement dans les vacuoles. On n'avait donc qu'à favoriser leur dégel rapide en fournissant un supplément d'énergie sous forme d'air chaud ou d'eau chaude. La coagulation des molécules protéiques ne s'effectuait plus, la synérèse devenait reversible, l'état colloïdal initial se reconstituait et la vie reprenait. C'est ainsi que des Mousses contenant 60 à 80/100 d'eau, après refroidissement lent ou rapide (peu importe), plongés sept jours dans l'air liquide, retirées, puis dégelées rapidement au-dessus de l'air chaud d'une flamme ou dans l'eau tiède à 30° C, ont eu toutes leurs cellules vivantes ; ce qu'il était facile de contrôler au microscope en constatant leur plasmolyse, quand on ajoutait de l'eau sucrée ou une goutte de glycérine. Pour la première fois, nous avions l'explication de la mort, au dégel, des plantes congelées et de leur survie possible au dégel.

XII. - L'explication des flores polaires.

Nous avions ainsi trouvé comment, sur les terres autour des pôles, subsistent un grand nombre d'espèces de plantes et d'animalcules congelés pendant neuf mois de l'année entre —20° et —60°, se dégelant sans périr pour croître et se multiplier pendant les trois meilleurs mois du long jour polaire et se congeler de nouveau à la fin de l'automne, quand débute la grande nuit polaire.

C'est aussi ce qui se passe pour les plantes des hautes altitudes, gelées la nuit et dégelées fréquemment le jour sous l'ardeur des radiations solaires, parce qu'elles se sont adaptées aux conditions physiques qui ont rendu reversible la synérèse cytonucléoplasmique sous l'influence du froid.

BIBLIOGRAPHIE

Paul Becquerel. — Action du froid sur la cellule végétale. (*Le Botaniste de Dangeard*, pp. 57-74, série XXXIV, 1949.)

— La suspension de la vie des animalcules au-dessous de 0,045° K (*C. R. Acad. Sciences*, T. 231, pp. 261-263, 1950.)

— la vie latente des graines aux confins du zéro absolu. (*C. R. Acad. Sciences*, T. 231, p. 1274, 6 décembre 1950.)

— la vie latente des spores aux confins du zéro absolu. (*C. R. Acad. Sciences*, 11 décembre 1950.)

— La vie latente des Algues, des Mousses, des Lichens aux confins du zéro absolu et leur synérèse. (*C. R. Acad. Sciences*, 3 janvier 1951.)

LES LIVRES REÇUS

ANDRONOW (A. A.) et CHAIKIN (C. E.). — **Theory of Oscillations** (Princetown University Press). 6 dollars.

BÉGIN (H.) et JULIA (G.). — **Exercices de Mécanique**, tome I, fasc. II (Gauthier-Villars, Paris).

BERGMAN (Stefan). — **The Kernel Function and conformal mapping** (American Mathematical Society, New-York). 4 dollars.

BOURBAKI (N.). — **Les Structures fondamentales de l'Analyse.** Livre IV : **Fonction d'une variable réelle.** (Coll. des Actualités Scientifiques, Hermann et Cie, Paris.)

CHAVALLEY (Claude). — **Introduction to the theory of algebraic functions of one variable** (American Mathematical Society, New-York). 4 dollars.

CHOMBART DE LAUWE (P.). — **Photographies aériennes** (Armand Colin, Paris).

DAMPIER (W.). — **Histoire de la Science et de ses rapports avec la Philosophie et la Religion** (trad. René Sudre) (Payot, Paris). 1.800 fr.

DELACHET (A.) et TAILLE (J.). — **La Balistique** (Coll. Que sais-je ? Presses Universitaires, Paris).

DERIBÈRE (M.). — **La photographie en lumière artificielle** (Mazda et Prisma, Paris). 125 fr.

DŒTSCH (G.). — **Handbuch der Laplace-Transformation. I. Theorie der Laplace-Transformation** (Verlag Birkhäuser, Bâle), 74 fr. suisses broché, 78 fr. suisses relié.

FORTET (Robert). — **Calcul des Probabilités** (C.N.R.S., Paris).

GALLAIS (Fernand). — **Chimie Minérale théorique et expérimentale. — Chimie électronique** (Masson et Cie, Paris), broché 2.400 fr., relié 2.800 fr.

GARNIER (René). — **Cours de Cinématique**, tome III : **Géométrie et cinématique cayleyennes** (Gauthier-Villars, Paris). 3.000 fr.

GUINIER (Georges). — **Eléments de Physique moderne théorique. III : Statistique quantique** (Bordas, Paris).

GUNDERSEN (Alfred). — **Families of Dicotyledones** (Chronica Botanica, Waltham et Lib. Raymann, Paris). 4 dollars 75.

HALLIDAY (David). — **Introductory Nuclear Physics** (John Wiley and Sons, New-York, Chapman and Hall, London). 6 dollars 50.

HERTER (Dr Guillermo). — **Champignons comestibles (Fungi edules)** (Lib. Lechevalier, Paris). 1.800 fr.

JOUBIN (L.) et PRÉVOST (G.). — **Le fond de la mer** (Hachette, Paris). 390 fr.

KHERUMIAN (K.). — **Génétique et Anthropologie des groupes sanguins** (Vigot, Paris).

(Suite page 170.)

LA PHARMACIE PARISIENNE
à l'Epoque de la Renaissance

par Ch. BEDEL
Professeur à la Faculté de Pharmacie de Paris

Le 6 avril 1453, Constantinople tombait aux mains des Turcs. L'empire romain disparaissait.

En même temps, le moyen âge agonisait, et la Renaissance ne devait pas tarder à naître en France.

Certes, les grands courants intellectuels qu'elle a engendrés n'ont pas bouleversé le métier d'apothicaire. Rien de semblable à ce qui s'est passé dans les lettres ou les arts ne peut être observé ici. Il n'en reste pas moins que cette époque marque le point de départ de l'essor que devait prendre plus tard la pharmacie et par là même les sciences d'observation.

Un regard jeté sur l'état de cette profession, notamment à Paris à la fin du XVe siècle et pendant le XVIe en fournira la preuve.

Jusqu'à cette époque, les ouvrages d'auteurs arabes, comme Sabor-Ebn-Saher, Averroës, Ibn el Beïtar, qui décrivaient les drogues, les soins à prendre pour leur récolte et leur conservation, de même que le mode de préparation des médicaments, constituaient avec les écrits de l'Ecole de Salerne, tels que « l'antidotarium Nicolaï » ou le « Circa instans » de Mathaeus Platearius, les livres de chevet des apothicaires. Mais, grâce à l'imprimerie, de nouveaux ouvrages ne tardèrent pas à être diffusés.

C'est alors que l'on vit apparaître les formulaires officiels ou privés. En 1498, sous les Medicis, fut publié à Florence le « Nuovo Receptario ». On peut considérer cet ouvrage comme la première pharmacopée, non pas parce qu'il a été rendu obligatoire dans une région : c'est une mesure qui avait été prise bien antérieurement, mais parce que c'est le premier exemple d'une œuvre entreprise pour les pharmaciens d'un pays par les soins d'une commission spéciale. Dans son prologue, il est expliqué que, en raison de la diversité des formulaires qui étaient en usage à Florence à cette époque, des erreurs dans l'interprétation des ordonnances se produisaient. C'est pour mettre fin à cette confusion que la rédaction du « Nuovo Receptario » fut confiée à la fois à des médecins et à des pharmaciens.

A l'exemple de Florence, un arrêt de la Cour de 1536 prescrivait de faire composer par les médecins parisiens un formulaire auquel les apothicaires devraient se conformer.

Cependant, rien n'était encore paru en 1576, si bien que les Etats Généraux de Blois rappelèrent dans leurs doléances l'intérêt qu'il y avait à ce qu'on possède au plus tôt un Code pharmaceutique rédigé par les docteurs de l'Université de Paris.

Malgré tout, rien ne fut encore publié. Aussi en 1597, le Parlement désigna nommément douze docteurs régents de la Faculté de Médecine qui devaient le présenter dans le délai de trois mois. Mais la Commission fut l'objet de bien des vicissitudes, de sorte que ce ne fut que 40 ans après, en 1638, que parut enfin le » Codex medicamentarius seu pharmacopoea parisiensis ».

Toutefois, dans l'attente de cet ouvrage, quelques livres avaient vu le jour.

Parmi les Français qui en sont les auteurs, il convient de citer tout d'abord Lespleigney, apothicaire à Vendôme. Il fut le premier apothicaire de chez nous qui ait écrit un traité pour ses confrères. Il suivait d'ailleurs, à 40 ans d'intervalle, l'exemple du Milanais Paulus Suardus avec son « Thesaurus aromatoriorum ».

Le titre du livre de Lespleigney, publié en 1537, est tout un programme : « Promptuaire des médecines simples en rythmes joyeux avec leurs vertus et qualités et plusieurs autres adjonctions facétieuses pour récréer l'esprit des lecteurs bénévoles et gracieux. »

Le texte ne déçoit pas le lecteur. Lespleigney s'y montre tout à la fois pieux et jovial. En effet, à côté de citations de l'Ecriture Sainte, on y rencontre des passages à la manière de son contemporain Rabelais, avec propos de « beuverie », récits de grosses farces, plaisanteries sur les femmes et aussi des calembours dont l'auteur se plaît à faire remarquer l'esprit.

L'ouvrage, bien qu'écrit en vers, est tout de même un manuel de matière médicale et de thérapeutique. Il est visiblement inspiré par « l'Arbolayre » ou « Grand herbier en Français » de 1485, qui fut édité à Paris peu de temps après l'invention de l'imprimerie, ouvrage de botanique qui doit sa valeur plus à ses illustrations qu'à son texte. Ce dernier n'était d'ailleurs qu'une reproduction plus ou moins fidèle du premier ouvrage de botanique imprimé, les « Secrets de Salerne », datant de 1483.

On doit, d'autre part, à Lespleigney un ouvrage plus sérieux, paru en 1538, rédigé en prose latine : le « Dispensarium medicinarum». C'est alors un véritable formulaire des médicaments avec abrégé de matière médicale et un recueil de recettes. Peut-être fut-il inspiré à l'auteur par le « Nuovo Receptario » lorsqu'il accompagna François Ier dans sa campagne contre Charles-Quint. Suivant l'exemple de Lespleigney, un garde juré apothicaire de Paris, Michel Dusseau, fit paraître en 1561 « l'Enchirid ou Manipul des Miropoles », qui est écrit en prose et en français. Aucun ouvrage de pharmacie antérieur ne réunissait ces deux qualités. L'auteur dit d'ailleurs avec humour qu'il a employé la langue française afin de permettre aux élèves qui, soit par insouciance, soit à cause de l'indi-

gence de leurs parents, n'ont pas appris le latin et qui, cependant, n'ont pas jugé bon de retourner « aux champs garder les brebis ».

Précisément, peu de temps auparavant avait vécu un homme qui se trouvait dans ce cas. Sans savoir le latin, il se disait médecin et avait entrepris de réformer la médecine : c'était le Suisse Paracelse.

C'est une figure bien complexe que celle de cet homme qui, à certains moments, fait preuve d'une sagacité hors de pair et qui, à d'autres, montre la plus complète incohérence : un homme qui, un jour, proclame la nécessité de la méthode expérimentale, et qui, le jour suivant, la foule aux pieds.

On a dit de lui qu'il semble à jeun le matin et ivre le soir. En fait, l'histoire nous apprend que sa vie fut loin d'être exemplaire. Ces ennemis le disaient rempli de vices, débauché, ivrogne, crapuleux, ne hantant que les cabarets et les mauvais lieux. Sans tracer de lui un tableau si noir, il est constant, dit un de ses apologistes, que Paracelse était un peu ami du vin, « mais il a été un médecin merveilleux qui guérissait facilement les maladies réputées incurables ». Il a exercé une influence considérable sur son siècle, non pas tant à cause de ses idées sur l'alchimie : elles ne renferment presque rien qui n'ait déjà été dit depuis les arabes, mais en raison des opinions neuves qu'il professe à l'égard des médecins. « Vous qui, après avoir étudié Hippocrate, Galien, Avicenne, croyez tout savoir, leur dit-il, vous ne savez encore rien. Vous voulez prescrire des médicaments et vous ignorez l'art de les préparer. La chimie nous donne la solution de tous les problèmes de la physiologie, de la pathologie et de la thérapeutique. En dehors de la chimie, vous tâtonnerez dans les ténèbres. »

Le même thème revient sans cesse chez Paracelse. En plus de cent endroits dans ses ouvrages il a proclamé ces idées contre les médecins hippocratistes et galénistes.

C'est à l'âge de trente ans que sa réputation commença. Il était parvenu à guérir quelques cas des plus rebelles. Elle devint rapidement si grande qu'en 1526 la ville de Bâle l'appela à occuper une chaire nouvellement créée de chirurgie et de physique disent les uns, de chimie disent les autres.

On raconte qu'à sa première leçon il se fit apporter les œuvres d'Hippocrate, de Galien et d'Avicenne, qu'il fit un bûcher, y mit le feu en disant que son chapeau, sa barbe et ses souliers en savaient plus que tous les médecins de l'antiquité réunis.

Les écrits de Paracelse n'ont été publiés qu'après sa mort. Ils ne forment pas un corps de doctrine. C'est une réunion de traités de médecine et d'alchimie, dont quelques-uns intéressent la pharmacie. Ils ont été traduits de l'allemand en latin et en diverses langues européennes, mais il faut se tenir en garde contre les extrapolations des traducteurs. On estime cependant que Paracelse a écrit au moins 364 mémoires.

Ses idées sur la composition de l'air et de l'eau présagent la découverte de l'oxygène et de l'hydrogène. Ses opinions sur les métaux sont encore valables à l'heure actuelle. Mais ce qui est remarquable, c'est la philosophie de sa chimie.

Outre les quatre éléments d'Aristote, il envisage une cinquième sorte de matière résultant de la réunion des quatre autres sous leur forme la plus parfaite. Il est possible, selon lui, de dégager la qualité de la forme. Ainsi le feu n'est pas tout à fait la chaleur, l'eau n'est pas l'humidité. Au moyen des « 4 éléments élémentants », comme on les appelait alors, on peut en former un cinquième qui réunit leurs qualités dépouillées de leur forme. C'est l'élément prédestiné qui correspond à la quintessence de Raymond Lulle.

Ainsi, pour lui, la quintessence du vin, c'est l'alcool.

Dirigé par cette idée que, dans toute matière il doit y avoir une quintessence, Paracelse s'efforçait de retirer des mélanges naturels les corps les plus actifs et d'en éliminer les autres. Si l'on parvenait à les isoler, on obtiendrait à faible dose les propriétés d'une quantité considérable de la matière d'où ils proviennent. Ceci revient à dire, par exemple, que l'opium ou la ciguë renferment de petites quantités de corps actifs auxquels ils doivent leurs propriétés.

Paracelse estimait encore que les maladies sont dues à un déséquilibre des composants du corps humain. Afin de remplacer les éléments qui font défaut, il convient de faire appel précisément aux médicaments chimiques.

C'est ainsi que Paracelse arrivait à tirer des remèdes un parti fort utile. Il peut donc être considéré comme le père de la pharmacie chimique.

A côté des quatre éléments élémentants et de l'élément prédestiné, Paracelse établit que les métaux se composent de trois principes : le mercure, le soufre et le sel, ce qui correspond à l'esprit, à l'âme et au corps. Ces trois principes, que l'expérience des chimistes reconnaissait, vinrent s'opposer aux quatre éléments d'Aristote et donnèrent le signal d'une scission entre les idées des chimistes et des philosophes.

A partir de Paracelse commence d'ailleurs une ère nouvelle pour la chimie. Désormais les chimistes se diviseront en trois groupes : les philosophalistes ou alchimistes, les médicochimistes et les hommes d'expérience.

Les philosophalistes, qui s'obstinent à rechercher la pierre philosophale, vont passer dans l'ombre peu à peu.

Au contraire, les autres, les disciples de Paracelse doués de science et d'une vaste érudition, se livreront avec de plus en plus d'ardeur à la recherche des applications de la chimie à la médecine. Leurs travaux ont contribué grandement à populariser l'usage des médicaments chimiques. L'emploi de l'antimoine qui fut la cause d'âpres combats de la part de la Faculté de Médecine de Paris pendant un siècle, leur est dû.

Tandis que la pharmacie chimique prenait naissance sous l'impulsion de Paracelse, les sciences naturelles étaient mises à l'honneur. La découverte du nouveau monde leur ouvrait un champ illimité. Comme ceci coïncidait avec le réveil des études classiques, les principaux naturalistes de l'antiquité, Théophraste, Dioscoride, Pline, par exemple, allaient trouver des commentateurs.

Ce fut aussi le moment où l'on vit apparaître les premiers jardins botaniques.

Certes, l'idée de cultiver les végétaux dans les jardins, en vue de leur application à la médecine, est beaucoup plus ancienne. On trouvait depuis fort longtemps de nombreux jardins dans les couvents en particulier. Bien des apothicaires du xv[e] siècle en possédaient aussi, mais on n'y présentait pas les plantes dans un ordre qui permettait des comparaisons et des études systématiques.

C'est à l'instigation de Francesco Bonafede, professeur de Médecine à l'Université de Padoue, que le Sénat de Venise fonda dans cette ville, 1545, le premier jardin bonatique.

Le célèbre voyageur français Pierre Belon, qui le visita dix ans plus tard, déclarait qu'il n'y avait rien de plus magnifique, car ce jardin réunissait déjà les plantes les plus variées, médicinales ou autres.

La création du jardin de Padoue donna à Côme de Medicis l'idée d'en fonder un semblable à Pise. Puis Bologne suivit l'exemple de Pise et de Padoue en 1568.

En France, rien de pareil n'existait encore.

Quelques années plus tard seulement, le Maître apothicaire de Paris, Nicolas Houel, conçut le projet de créer un établissement charitable, « la maison de la charité chrétienne » avec « un jardin des simples ». Il voulait venir en aide aux pauvres, aux malades, aux orphelins, tout en faisant progresser la profession d'apothicaire. C'est pourquoi il envisageait de recueillir des orphelins et de les former dans l'art d'apothicairerie, afin que, plus tard, ils puissent se consacrer à soulager les indigents.

Sa maison devait comprendre une chapelle, une école pour les orphelins, une apothicairerie, un hôpital pour les pauvres et un jardin qui, disait-il, « à l'imitation de celui de la ville de Padoue, sera rempli de plusieurs beaux arbres fruitiers et plantes odoriférantes, rares et exquises et de diverses espèces, servant à l'usage de la médecine pour le secours des malades, tant riches que pauvres, qui apportera un grand profit et une grande décoration à la ville de Paris ».

C'est en 1576 qu'il présentait à Henri III une requête tendant à obtenir l'autorisation nécessaire. Il demandait au roi de lui concéder ce qui subsistait du Palais des Tournelles, en majeure partie détruit et abandonné depuis la mort de Henri II. Ce palais était situé à l'extrémité de la rue Saint-Antoine, vis-à-vis de la Bastille.

Mais le roi lui fixa comme emplacement la maison des Enfants Rouges, voisine du Temple, à peu près à l'endroit du marché des Enfants Rouges.

Les difficultés rencontrées par Houel l'obligèrent, dès 1577, à transporter son établissement dans l'ancien Hôpital de Lourcine, dans le faubourg Saint-Marcel, en dehors de l'enceinte sud de Paris.

Cet hôpital, qui avait été fondé au XIIIe siècle par la veuve de Saint-Louis, tombait en ruines. Il possédait, outre l'emplacement qu'il occupait du côté sud de la rue de Lourcine, une dépendance du côté nord, qui constituait un terrain vague allant de la rue des Postes à celle de l'Arbalète. On l'appelait les Vieux-Fossés. C'est précisément ce terrain que Houel fit défricher pour y établir le jardin des plantes médicinales ; mais il mourut avant de pouvoir réaliser son aménagement. Il peut toutefois en être considéré comme le véritable fondateur.

Houel était un homme fort cultivé. Tour à tour artiste, poète, historien, érudit, ce philanthrope aborda de plus les sciences les plus diverses.

Né vraisemblablement vers 1524, il appartenait comme la plupart des apothicaires de l'époque à une famille aisée, de bonne bourgeoisie. Il mourut probablement en 1587.

Il exerça l'apothicairerie rue de la Vieille-Tixeranderie (ou Tisseranderie), c'est-à-dire près de l'emplacement de l'Hôtel de Ville actuel, dans un quartier habité dans l'ensemble par une population pauvre.

Son officine était assez mal achalandée. L'inventaire qui en fut fait en 1557 révèle qu'il ne possédait que les différents sucres et quelques autres produits vendus également par les épiciers. Peut-être était-il si mal approvisionné parce qu'il était avant tout épris d'art. Il occupait néanmoins un apprenti et une femme de service.

Houel se maria trois fois. C'est en 1548 qu'il épousa Magdeleine de Foulon dont il eut deux fils, décédés en bas âge. Magdeleine étant morte en 1557, Houel ne tarda pas à se remarier avec Jeanne Le Breton, fille d'un riche architecte du roi et nièce du constructeur du château de Fontainebleau.

Veuf et héritier de sa deuxième femme, resté sans enfants, il se remaria une troisième fois, en 1586, alors qu'il était déjà sexagénaire, avec la fille d'un de ses voisins, marchand teinturier, Catherine Vallée, bien plus jeune que lui, et qui, après sa mort, devint la femme de son successeur Audens.

Houel possédait donc une fortune qui lui assurait dans la société de l'époque une situation telle qu'il put avoir des amis de choix. Parmi les apothicaires c'était par exemple Pierre Guthe, botaniste renommé. Mais ses relations préférées étaient des artistes et des littérateurs, car il eut la passion de la poésie, de la peinture, et même de la tapisserie.

C'est ainsi qu'il est l'auteur de l'Histoire de la Reine Arthémise, en 1562, dans laquelle il compare la fidélité de la reine Catherine de Médicis, dont il sollicitait l'appui, à celle de l'épouse du roi Mausole.

Ce travail, qui occupa son âge mûr, lui coûta fort cher, mais, en contrepartie, il obtint ses entrées à la cour de Henri III et, en définitive, l'œuvre contribua au succès des démarches que Houel dut faire lors de la fondation de la Maison de la Charité Chrétienne. Ce récit historique devait servir de modèle à des tapisseries.

Houel écrivit encore « l'Abrégé de l'Histoire des Français, contenant la vie de chacun des rois de France avec leurs visages et leur ressemblance, et la description des batailles qu'ils ont données ». Il se proposait d'y retracer en vers l'histoire illustrée de son temps, mais cet ouvrage est resté à l'état de manuscrit.

Enfin, Nicolas Houel, qui ne négligeait pas les occasions favorables pour s'assurer l'appui royal, prit prétexte d'une cérémonie de l'époque pour composer deux recueils sur la Procession du Roi Henri III et celle de la Reine Louise de Lorraine.

Il faut encore citer « les mémoires et recherches de la dévotion des Reines de France », qui se termine par l'éloge de Catherine de Médicis, dans lesquels il fait preuve d'études très poussées pour l'époque.

Enfin, deux écrits se rapportent à son Institution.

Le premier, « Avertissement et déclaration de l'Institution de la Charité chrétienne », et le second qui a trait à la grande inondation de la petite rivière, la Bièvre, qui, pendant une trentaine d'heures de crue, détruisit en partie, en avril 1579, les bâtiments de la Maison de la Charité.

Mais Houel a laissé, en outre, des ouvrages scientifiques.

Tout d'abord, un livre intitulé « Pharmaceutices libri duo », qui renferme les préceptes du célèbre médecin arabe de Bagdad du VIIIe siècle, Mesué, sur les médicaments purgatifs. Il prouve que Houel n'ignorait aucune des connaissances, non seulement de son époque, mais encore des travaux des anciens auteurs.

Dans un deuxième ouvrage scientifique, intitulé « Traité de la Peste », il recherche la cause, les symptômes, les moyens de prophylaxie et les remèdes. Il préconise notamment l'emploi d'électuaire d'œuf, les poudres odoriférantes capables de purifier l'air et les objets, et même l'usage de l'antimoine pour les malades robustes.

Ce livre n'a aucune prétention à l'originalité. Néanmoins, il est remarquable par son érudition.

Enfin, la dernière publication de Houel se rapportant à la pharmacie a pour titre : « Traité de la Thériaque et Mithridate ».

Cet ouvrage scientifique renferme plusieurs bons chapitres sur l'histoire des drogues simples. On y trouve également des notions

intéressantes sur les moyens de reconnaître les meilleures d'entre elles ainsi que de déceler les falsifications ou les substitutions.

Certes, Houel n'était pas un grand savant. C'était tout simplement un esprit curieux, comme bien d'autres apothicaires de ce temps. Son mérite est surtout d'avoir créé sa « Maison de la Charité Chrétienne ».

En effet, cette institution est à l'origine du dispensaire de l'Hôtel des Invalides fondé par Henri IV pour donner asile aux voyageurs souffrants. Elle a été le modèle du Jardin des Plantes et finalement elle est le berceau de la Faculté de Pharmacie.

Le souvenir de Houel est rappelé tout d'abord dans cette Faculté par une plaque de marbre, située dans l'escalier conduisant à la Bibliothèque. Elle provient de l'ancienne Ecole de la rue de l'Arbalète.

Il existe, en outre, un portrait qui, bien qu'apocryphe, est considéré comme représentant Nicolas Houel. Il décore la salle des actes.

Enfin, la Ville de Paris a tenu à lui rendre hommage en lui attribuant le nom d'une de ses rues dans le Ve arrondissement, sur l'emplacement même de la Bièvre qui avait été pour lui cause de si grands mécomptes.

Désormais, grâce à Houel, les apothicaires eurent une maison à eux et le jardin devint le lieu de rendez-vous où les maîtres venaient instruire leurs élèves.

C'est qu'en effet, si Charles VIII, en érigeant par une ordonnance du mois d'août 1484 l'apothicairerie en métier juré à Paris, avait imposé au futur apothicaire des examens et la confection d'un chef-d'œuvre, aucun enseignement public officiel n'avait été encore organisé par la profession. Les apprentis et les compagnons recevaient avant tout l'éducation pratique dans la boutique des maîtres où, sans en sortir, ils acquéraient les éléments essentiels utiles à leur métier, en s'aidant des conseils du maître et des livres qui formaient sa bibliothèque.

Il faut toutefois signaler qu'un arrêt du Parlement en date du 3 août 1538 avait complété cet enseignement en leur imposant de suivre deux fois par semaine un cours fait par un médecin que la Faculté désignait.

Reçu maître, l'apothicaire, aidé de son apprenti, de ses compagnons et de sa famille, passait son temps à traiter les simples pour en faire des compositions parfois compliquées.

Mais la phamacologie évoluait. Si les plantes indigènes continuaient à en former la base, les découvertes de nouvelles terres permettaient l'introduction de drogues jusqu'alors inconnues. Le gayac, le baume de Tolu, la salsepareille, le baume de copahu, la vanille arrivaient d'Amérique ; la squine de Goa, la cardamome de la côte de Malabar ; le laurier cerise était trouvé en Orient.

Et puis on parlait de drogues merveilleuses de ces régions comme « l'herbe d'amour » qui fait obéir toutes les femmes et cette autre plante péruvienne « par le moyen de laquelle on prédit la mort ou la vie d'un malade ».

Déjà les médicaments d'origine animale commençaient à entrer dans la thérapeutique.

Mais on avait toujours recours aux pierres précieuses. Ne savait-on pas, par exemple, que l'améthyste guérit l'ivresse, que le béryl est souverain contre les maladies de foie, que l'agate est bonne pour la vue et calme la soif, que l'émeraude, selon l'expression des auteurs de l'époque, « restrainct les jolis mouvements de luxure, appaise les tempestes et estanche le sang ».

Au milieu de toutes ces drogues dont il connaissait les propriétés, dont il assurait la récolte ou qu'il préparait, l'apothicaire faisait déjà figure de savant.

On ne pouvait pas le confondre avec un simple marchand. D'ailleurs, l'aspect de sa boutique ne le permettait pas.

Ce n'est pas qu'elle n'ait pas été ouverte sur la rue comme les autres, ni qu'on n'y étalât pas les plantes dont on se servait afin d'en montrer la qualité, mais elle était d'allure plus recherchée. Une enseigne artistement conçue indiquait qu'il y avait là un apothicaire.

L'intérieur orné souvent de tapisseries de prix ou d'objets d'art, laissait voir, en outre, toute une collection de poteries décorées, parmi lesquelles on remarquait les chevrettes et les pots à canon dont seuls les apothicaires pouvaient se servir. Et surtout on y trouvait la balance qui devint plus tard un instrument précieux pour les découvertes en chimie. Les apothicaires usaient de poids, en effet, alors que les marchands utilisaient la mesure pour vendre au détail. Rien d'étonnant que, plus tard, il n'aient pris une devise qui rappelait qu'ils « se servent de balances et de poids ».

Derrière sa boutique, l'apothicaire préparait ses remèdes dans ce que nous appelons maintenant un laboratoire, mais qu'à la Renaissance on désignait simplement sous le nom de « cuisine ».

Paracelse, en décrivant les médecins spagiriques qui, en définitive, n'étaient que les ancêtres des pharmaciens, nous donne une idée de ce qu'étaient les hommes de science à cette époque.

« Ils ne sont pas habillés, dit-il, en beau velours, en soie ou en taffetas, ils ne portent pas de bagues d'or aux doigts, ni de gants blancs... Ils portent des culottes de peau avec un tablier de peau pour s'essuyer les mains... Ils sont noirs et enfumés comme des forgerons et des charbonniers. Ils parlent peu et ne vantent pas leurs médicaments, sachant bien que c'est à l'œuvre qu'on reconnaît l'ouvrier. Ils travaillent sans cesse dans le feu pour apprendre les différents degrés de l'alchimie. »

Les connaissances dont l'apothicaire faisait ainsi preuve dans les sciences expérimentales naissantes avaient porté la pharmacie si haut dans la hiérarchie des métiers, que, en 1571, elle avait

obtenu du Parlement l'honneur de porter le dais au-dessus du roi lors de son entrée solennelle à Paris immédiatement après les marchands drapiers.

Tout ceci valait à l'apothicaire la considération de ses contemporains et cette considération ne fera que croître désormais, grâce à l'impulsion qui lui a été donnée à l'époque de la Renaissance.

Certes, les apothicaires n'ont pas encore réalisé de grandes découvertes dans les sciences, mais déjà quelques-uns commencent à faire des observations importantes. C'est ainsi que Brun de Bergerac avait remarqué dès 1583 l'augmentation de poids que subit un métal tel que l'étain ou le plomb lorsqu'on le grille. Ce fait, dont il ne sut pas tirer parti, devait être, deux siècles plus tard, par le génie de Lavoisier, le point de départ de la chimie moderne.

Ainsi, la Renaissance a été la période d'organisation de la pharmacie. C'est à ce moment que celle-ci a reçu son statut. Grâce aux possibilités d'information que lui apportait l'imprimerie, aux nouvelles drogues qui provenaient des pays récemment explorés et aux modèles qu'il puisait lui aussi en Italie, l'apothicaire, entraîné par le courant de renouveau qui se faisait jour de toutes parts, a préparé l'essor que les sciences, tout particulièrement la chimie et la botanique, allaient prendre dans les siècles suivants, grâce à des travaux qui ont classé sa profession parmi les corps les plus savants de la nation.

Ch. BEDEL.

LES LIVRES REÇUS (suite)

LÉVY (Paul). — Problèmes concrets d'Analyse fonctionnelle (Gauthier-Villars, Paris). 4.000 fr.

MOROGER (A.). — Les trois étapes du problème Pythagore-Fermat (Vuibert, Paris). 400 fr.

MORRIS (T.-N.). — Principles of Fruit Preservation (Chapman and Hall, London). 21 sh.

SAUER. — Ecoulement des Fluides compressibles (Ch. Béranger, Paris). 3.900 fr. relié.

SCHNELL (R.). — La Forêt dense. Introduction à l'étude botanique de la région forestière d'Afrique occidentale (Lib. Lechevalier, Paris).

TERRIEN (Jean). — De la Loupe au Microscope électronique (Coll. Que sais-je ? Presses Universitaires, Paris).

TERRIEN (Jean) et TRUFFAUT (G.). — Lumière et Végétation (Coll. Science vivante. Presses Universitaires, Paris). 360 fr.

THORNTON (D. Laugharne). — Mechanics applied to vibrations and balancing (Chapman and Hall, London). 50 sh.

VERRIEST (Gustave). — Les nombres et les espaces (Coll. Armand Colin Paris).

VŒLKER (D.) et DŒTSCH (G.). — Die zweidimensionale Transformation (Verlag Birkhäuser, Bâle). 39 fr. suisses broché, 43 fr. suisses relié.

VOGÉ (J.). — Les Hyperfréquences (Coll. Techn. du C.N.E.T., Lib. Eyrolles, Paris). 1.980 fr.

Colloque de TOPOLOGIE (Espaces fibrés) (G. Thone, Liége et Masson, Paris). 1.225 fr.

LA PENSÉE ET LE MOT DANS L'ACTE DE RECHERCHE

par
André CAILLEUX

La recherche scientifique est si naturelle à celui qui s'y adonne qu'il lui faut faire un effort sur lui-même pour essayer d'en reconnaître les démarches. Mais, le cours habituel de ses pensées une fois interrompu ou du moins refréné, il peut, ici comme ailleurs, observer des faits et tenter de les interpréter. Il est naturel qu'il se demande, en premier lieu, comment s'opère l'acte même qui conduit à la découverte. Il peut alors envisager, au choix, soit le mécanisme de la pensée, soit la forme, mot, image, idée pure, qu'elle revêt en son esprit. C'est la seconde question que nous aborderons ici ; elle est plus directement accessible à l'observation, il est logique de commencer par elle.

En une très suggestive étude (1), Hadamard a exposé les principales réponses jusqu'ici exprimées ; pour le philologue Max Müller, « aucune idée ne peut être présente à notre esprit sans y être représentée par le mot correspondant ». Hadamard lui oppose le démenti de sa propre expérience dans l'acte de la recherche : il pense sans mots ; le biologiste Galton de même. Une enquête de Galton a révélé une majorité d'hommes qui pensent en mots et une minorité, mais non négligeable, de cas contraires ; Hadamard est d'avis, qu'en s'adressant à des hommes de science, on aurait obtenu un résultat très différent ; Théodule Ribot enfin cite le cas d'un physiologiste distingué qui, expérimentant sur les chiens, ne peut concevoir l'idée de chien sans voir le mot « chien » en caractères d'imprimerie ; et de même pour les noms de ses amis les plus intimes. Et Hadamard de conclure que les esprits sont divers.

J'ai interrogé sur ce sujet des géologues distingués, qui m'honorent de leur amitié, Mme de Ménorval, Mlle Alimen, MM. Alloiteau, Bourdier et Hupé ; je me suis interrogé moi-même ; nos tournures d'esprit sont fort différentes et nos disciplines de prédilection aussi ; paléontologie, stratigraphie, préhistoire, pétrographie, géologie dynamique. Or, nos témoignages sont remarquablement concordants entre eux et avec celui de M. Hadamard. Chez nous tous, l'acte essentiel de la recherche s'opère sans mot : le mot peut venir avant, ou après : pendant, il s'éclipse. Examinons de plus près ces phases.

(1) Congrès Ass. Fr. Av. Sc., t. IV, pp. 241-246, Paris, 1945.

Avant, tantôt le mot joue un rôle, tantôt il n'en joue pas. Il en joue, lorsque nous écoutons un confrère, ou que nous lisons un texte d'autrui ou de nous-même. Notre pensée, d'abord, le suit. Puis, tout d'un coup, elle s'en détache, aussi brusquement que l'oiseau quitte la branche : l'idée est apparue, et elle n'a aucun support de mot ; parfois même, elle n'a qu'un rapport lointain avec les mots ci-devant énoncés. Il arrive aussi que le mot n'ait aucun rôle dans la phase première, par exemple, lorsque l'idée naît de l'observation soutenue d'un paysage, ou d'un fossile, ou d'une roche ; quand nous observons ainsi, tout se passe en images et en idées ; et l'idée neuve peut jaillir de la chose vue sans qu'aucun mot ait été pensé ; parfois, elle concerne une autre chose, vue avant, alors incomprise, et qui brusquement s'éclaire à la lumière nouvelle ; les noms, souvent, en sont différents ; le mot, cette fois encore, n'intervient pas dans la découverte.

A l'instant, bref comme l'éclair, où l'idée apparaît, elle est ressentie comme lumineuse et globale ; elle s'impose et elle plaît. Puis, quand nous cherchons à la formuler en mots, il nous semble que, par le fait même, elle perd son éclat et son unité ; des fissures s'y révèlent, et des contingences qui nous heurtent ; nous peinons. Toutefois, lorsqu'enfin nous apparaît l'expression qui convient, du coup, nous regagnons une part du terrain perdu et nous retrouvons, moins vifs, mais plus durables, l'éclat, l'unité, la force et l'agrément premiers.

Le mot a consolidé. Et tel est bien son rôle, puisqu'il sera le tremplin des élans futurs. Mais le tremplin n'est pas le saut.

La recherche est idée et l'enseignement est mot. Le mot fixe l'acquis (ou supposé tel). L'acquisition même s'opère sans mot, par conquête.

Même dans la phase finale de consolidation, la contingence des mots se révèle. Souvent, plusieurs expressions sont possibles ; spontanément, nous ne trouverions pas toujours la meilleure ; parfois, il nous faut ressentir le choc contre l'obstacle, la présence vivante d'un auditoire à convaincre, pour que jaillissent les termes qu'il fallait. Le mot, d'ailleurs, n'est pas, pour le naturaliste et pour le géographe, l'unique moyen d'expression ; le dessin le supplée, souvent avec plus d'éloquence. Plus d'un, parmi nous, en rédigeant, consacre beaucoup de soin et de temps au tracé de bons schémas. Au chercheur comme à l'homme de guerre, « le plus court croquis en dit plus long qu'un long discours ».

Mot ou dessin, l'expression consacre l'idée ; parfois absente avant son éclosion, elle ne l'est jamais après, du moins à ma connaissance. Seulement, j'ai eu parfois l'impression d'éclairs un instant entrevus, mais aussitôt évanouis. Plus tard, j'ai cru les reconnaître en d'autres clartés, mais sans être bien sûr de leur identité. La première fois, ils ne s'étaient absolument pas exprimés en mots ni en images ; il en était pourtant resté une sorte de sentiment

intérieur, très vague mais fort, que j'essayais, l'occasion venue, de communiquer à d'autres. Je ne trouvais évidement pas les termes adéquats, et pourtant j'avais l'impression très sûre d'être compris. En d'autres domaines, il m'est arrivé de tenir le rôle inverse ; et malgré l'insuffisante expression, je comprenais, ou du moins j'étais convaincu que je comprenais.

Les rapports de l'idée et du mot, dans la recherche, ne sont pas seulement accessibles par l'introspection directe, mais par d'autres voies plus détournées. Chacun des géologues que j'ai nommés, est l'homme d'un problème, ou de plusieurs problèmes : M. Alloiteau, par exemple, est un homme de coraux ; M. Hupé, un homme de granite ; Mme de Ménorval, une femme d'Ammonites (et de bien autres choses encore) ; et ainsi des autres. J'ai demandé à chacun d'eux ce qu'éveillaient en lui certains mots, les mêmes pour tous. Leurs réponses eurent en commun ceci : en face du mot de leur chose, leur réaction est toute autre qu'en face des autres mots. Ces derniers évoquent pour eux, le plus souvent, de simples images. Le granite, pour l'homme de coraux, c'est une pierre, un échantillon de collection, avec ses quartz gras et ses feldspaths blancs ou roses ; pour le géographe, des rochers au bord de la mer, un calvaire breton. Jusqu'ici, rien d'inattendu, en somme. Mais l'homme de granite, interrogé à son tour, s'exclame :

« Le granite ?... je fonce. » Et il évoque, tout d'un trait, les problèmes, les aspects, les énigmes, les liaisons, les voies d'attaque ; ses yeux brillent. Ici, nous sommes au cœur de la recherche : le mot n'éveille plus d'image, il suscite un acte. La recherche est action. Nous avions vu qu'elle était idée. Joignons : elle est idée en action. Et le mot ? Disparu, emporté dans le tourbillon.

Nous disposons d'une contre-épreuve. A un chercheur (autre que les précédents), je demande ce qu'évoque tel mot qui n'est pas de sa chose. Réponse embarrassée : « Avant tout, il m'est étranger. Je ne me sens pas chez moi. Et même j'ai le sentiment que je ne serai jamais chez moi. » Manque de tonus probablement lié, dans le cas cité, à un complexe qui serait ici hors de propos. Auprès d'un autre chercheur, j'obtiens une réponse plus neutre : « Vague, flou ; l'impression que je ne vois pas bien comment on pourrait faire avancer la question. »

Dans tous les cas, il est remarquable qu'en un domaine en apparence aussi intellectuel que la recherche scientifique, le mot ait un contenu aussi affectif ou actif. Ainsi le lien qui l'unit à l'idée n'est pas univoque. Pour beaucoup de chercheurs, il n'est pas nécessaire, nous l'avons constaté. Reste à expliquer le cas de Max Müller, pour qui il apparaît indispensable, et aussi de l'homme qui pense « typographie ». Faut-il, avec Hadamard, invoquer la diversité des esprits ?

Certains faits indiqueraient plutôt une diversité d'évolution, à partir d'une semblable origine. Hadamard, avec sa pénétration coutumière, note que le petit enfant pense, et même beaucoup :

sans mots évidemment. Peu importe que la recherche, chez lui, ne s'applique pas à ce que nous appelons la science : elle est recherche. A l'origine les idées sont en jeu. Les images, bien sûr, les accompagnent, puis les appétits, l'affection, l'action. Un peu plus tard, enfin, les mots, à leur tour, entrent dans la danse.

Entre l'idée, primitive, et le mot, nouveau venu, les rapports sociaux nouent le lien ; l'école le renforce. L'exemple célèbre des deux enfants hindoues, élevées par une louve et qui vivaient comme les loups, hurlaient comme eux et ne parlaient pas (2), nous montre tout ce que notre structure intellectuelle d'homme, dont nous tirons si naïvement orgueil, doit à son contexte.

Réfléchissons à notre formation. Au lycée et au collège, mots et phrases tiennent une place exorbitante. En quoi consiste la compositions française, ce pilier ? A développer en quatre pages ce qui tenait fort bien en deux lignes. Or, dans la recherche, et dans la pratique de la vie, au contraire, tout l'art est d'extraire, de quatre pages, les deux lignes qui comptent.

A force d'avoir pratiqué l'inverse, le pli est pris, et je croirais volontiers qu'à vingt ans, le plus grand nombre des hommes pense par mots, ou plus exactement croit penser par mots.

Ensuite s'amorce une divergence, entre la majorité des chercheurs scientifiques et la majorité des purs littéraires : grammairiens, historiens de la littérature ou philologues comme Max Müller. Tandis que le littéraire enferre définitivement ses idées à l'hameçon des mots, le scientifique, par un bond en arrière, s'échappe et retrouve la pureté des pensées premières. N'en concluons pas que le scientifique pense mieux que le littéraire. Tous deux cherchent, et pensent, au fond, de la même manière, par idées. Mais bien des littéraires ont pris l'habitude d'insérer toujours sur leurs idées des mots ; à la longue, ils sont persuadés qu'ils ne pourraient plus s'en passer, pas plus que le fumeur de son tabac. Le penseur « visuel typographique » n'est qu'un cas particulier.

Un professeur de lettres de mes amis avait évoqué, dans un de ses poèmes, « l'ange des saponaires ». Je lui mis des saponaires sous les yeux : il n'en avait jamais vu. Il est vrai qu'il était poète. Plus près de nous, un chercheur, scientifique par ses intérêts, mais littéraire par toute sa formation, définissait ainsi le rôle du mot dans la recherche :

« Le problème se pose finalement en mots. Le mot n'est pas le résultat de la pensée, mais il en est un facteur. On énonce des formules, et on les confronte avec les faits. »

Bien des scientifiques ne souscriraient pas sans réserve à ce jugement. Le mot, pour eux, a un moindre rôle. Par exemple, le jour où, à force d'observer des cailloux façonnés par le vent, ici sur le dessus seulement, là sur leurs deux faces, l'idée m'est venue de la

---

(2) *La Presse Médicale*. Masson, éditeur, 1949, n° 21, p. 297.

cause probable de leur retournement, je ne l'ai absolument pas conçue en mots, mais sous forme d'une répartition idéale, puis d'une carte. Et quand il s'est agi de confronter l'idée avec les faits, aucune formule n'est venue à mon esprit, mais bien la notion d'une opération, à la fois visuelle et musculaire : une grande forêt, de la mousse, le marteau qui gratte le sol meuble, la main qui fouille pour déterrer les pierres et qui les essuie, l'œil qui les observe. Sur le terrain, en opérant, j'avais un ami suédois à mes côtés et je lui expliquai mon hypothèse ; mais je serais incapable de dire si ce fut en anglais ou en allemand. De même en Islande, mes notes étaient prises indifféremment tantôt en français, tantôt en anglais : je m'en aperçus au retour, en mettant à jour mon carnet. Sur le terrain, la langue où je formulais l'observation était sans importance : seule l'observation comptait.

On capture la pensée, en jetant sur elle des mots, comme un filet sur des papillons. Le papillon existe, même s'il n'y a pas de filet. Le filet, parfois, abîme le papillon. Un même filet peut renfermer plusieurs papillons ; ou bien, en l'ouvrant, on s'aperçoit qu'il ne renferme rien. Il est bon de prendre ainsi un mot, de le disséquer, d'inventorier son contenu, de le dépouiller de tous les concepts non fondés, observations erronées, faux-semblants, notions adventices, dont il s'était affublé, depuis qu'il était apparu dans nos livres. Considérons, par exemple, le mot « ruissellement » qui, soixante ans durant, a évoqué, dans l'esprit des géologues et des géographes, tant de concepts puissants et divers : les eaux sauvages dévalant les pentes, la boue et les pierres emportées, les versants sapés, les vallées étendant leurs bras de pieuvre, les montagnes rongées et burinées, les reliefs ramollis et finalement nivelés : au total, la face de la terre changée. Ouvrons les yeux : nous voyons seulement le petit filet d'eau claire qui serpente entre les feuilles mortes, sous les chênes centenaires d'Ile-de-France.

Ainsi, l'abcès du mot une fois crevé, on cherche la chose. Alors on peut travailler. Et on éprouve du plaisir.

Telle paraît être une évolution fréquente chez le chercheur scientifique. Pour certains, la libération est consciente. Dans mon cas, elle a débuté vers trente ans et à quarante-trois elle n'est pas achevée. Il serait déraisonnable d'escompter qu'elle le soit jamais : elle est une tendance, un désir de retour vers une fraîcheur première, l'aspiration vers une source.

Aux diverses évolutions psychologiques qui viennent d'être esquissées, on peut faire correspondre des schèmes physiologiques qui, pour être hypothétiques, n'en sont pas moins compatibles avec les données actuelles de la neurologie. « L'hétérogénéité des cerveaux » qu'évoque justement Hadamard, ne serait pas, en l'espèce, primitive, mais acquise. A l'origine, chez tous les enfants, le stock de cellules cérébrales serait, à la qualité près, le même, disposé sur la même architecture, en minuscules réseaux prêts à plusieurs sortes de connections. Naissent les idées, les images et les appétits, et un

premier réseau se déclenche et fonctionne. Plus tard, quand les mots s'imposent, un nouveau réseau s'établit ; il se relie au premier et le drame est qu'il le double. Le milieu familial et scolaire agit, et peu à peu amplifie le jeu du second réseau au point de masquer le premier : alors l'homme, le littéraire notamment, a l'illusion de penser par mots.

Le chercheur scientifique et, qui sait, peut-être aussi l'artiste, l'inventeur et même le mystique, conservent, ou du moins reconquièrent l'étonnante faculté de mettre en sourdine le réseau des mots : dans le silence, ils entendent alors résonner, seul, le concert des idées.

***

L'image est certes imparfaite et, dans le détail, sujette à révision. Elle est mécaniste, matérialiste et cartésienne. Mais si, changeant de perspective à la suite d'Hadamard, nous considérons maintenant les principes directeurs de la connaissance, le réel nous apparaît sous un autre jour.

Le sens d'un mot s'exprime, au plus juste, par une définition, c'est-à-dire par une frontière. Le malheur est que, souvent, l'un trace la frontière ici, et l'autre là ; les paléontologistes l'ont éprouvé, et les géographes aussi. Peut-on espérer s'entendre ? Il faudrait, pour cela, être sûr de l'identité des choses, pouvoir affirmer que

A est *A*.

Ainsi rigoureusement énoncé, peut-être le principe d'identité s'impose-t-il au mathématicien et au métaphysicien ; mais pour le naturaliste ou le géographe, il n'a pas de sens. En effet, l'identité d'un objet, une espèce de coquille, par exemple, n'est jamais connue qu'à une certaine approximation près, de sorte qu'en fait, le paléontologiste pourrait tout au plus essayer de dire :

A peu près A est *à peu près A*

Mais précisément, son expérience lui enseigne qu'il n'en a pas le droit et il peut seulement énoncer :

A peu près A est *probablement* à peu près A

Les mêmes restrictions s'appliquent au principe de causalité. Le métaphysicien l'énonce :

Les mêmes causes produiront les mêmes effets.

Or, par suite de la complexité des phénomènes naturels, le géographe et le naturaliste ne sont jamais sûrs d'avoir à faire rigoureusement aux mêmes causes, ni rigoureusement aux mêmes effets. De sorte qu'ils pourraient tout au plus songer à dire :

A peu près les mêmes causes produisent *à peu près les mêmes effets.*

Mais ils n'en ont pas le droit, par suite de l'existence de seuils, et plus généralement de discontinuités. Un exemple le montrera : un courant d'eau érode une argile fortement s'il est rapide, faiblement s'il est lent, mais, au-dessous d'un certain seuil de vitesse, il ne l'érode plus du tout. L'énoncé précédent du principe de causalité est valable pour les vitesses nettement supérieures au seuil ou nettement inférieures, mais non pas au voisinage immédiat du seuil, où joue, au contraire, une loi de tout ou rien. Mais comme une vitesse, prise au hasard, a peu de chances de tomber précisément sur le seuil, et beaucoup plus de chances de tomber en dehors, on est fondé à dire, en fin de compte :

A peu près les mêmes causes produiront *probablement* à peu près les mêmes effets.

Dans la pratique, les énoncés nuancés, ainsi substitués aux rigueurs métaphysiques, auraient l'avantage d'inciter les chercheurs à un sage scepticisme et à une prudente réserve vis-à-vis des théories trop fondées sur des mots, même lorsqu'elles sont leur œuvre. Appliqués aux rapports entre la pensée et le mot, ils en soulignent le caractère approximatif et aléatoire. Et si l'esprit de l'homme en éprouve quelque déception, il a le loisir de rêver d'un passage à la limite, au-delà du domaine physique où les *à-peu-près* et les *probablement*, attachés à ses mots et à ses pensées, disparaîtraient devant les certitudes de l'Être.

A. CAILLEUX.



LES LIVRES

A. A. ANDRONOW et C. E. CHAIKIN — Théorie des oscillations, traduction en langue anglaise par S. Lefschetz, Princeton University Press, 1949, 358 pages, 310 figures. Prix : 6 dollars.

Le présent ouvrage contient la substance du livre « Théorie des oscillations » de MM. Andronow et Chaikin paru, en langue russe, en 1937, et qui constituait à l'époque l'un des premiers mémoires d'ensemble sur les oscillations non linéaires.

La théorie des oscillations harmoniques est bien connue : elle conduit à des équations différentielles linéaires dont la solution s'obtient facilement ; malheureusement, les phénomènes naturels ne se prêtent pas à une analyse aussi simple et les propriétés des équations différentielles non linéaires, auxquelles conduit leur étude, demandait un examen approfondi, car, si l'on peut, dans certains cas, tourner la difficulté en linéarisant le problème, la solution obtenue ne vaut que pour un domaine restreint de variation des variables.

Les quatre premiers chapitres ne demandent, pour être lus, que des connaissances mathématiques classiques : après un rappel des propriétés des oscillateurs linéaires, les propriétés générales des systèmes non linéaires ainsi que celles des systèmes non conservatifs, sont décrites, puis est abordée l'étude des ensembles mécaniques régis par une équation différentielle non linéaire et une large place est faite à l'exposé des résultats relatifs aux oscillations de relaxation.

Les chapitres suivants traitent des phénomènes décrits par des systèmes d'équation non linéaires et l'on y trouve exposés les travaux fondamentaux de Liapounoff et d'Henri Poincaré.

De nombreuses applications concrètes illustrent cet important travail.

M. PARODI.

S. BERGMANN. — The Kernel functions and conformal Mapping. — (Coll. Math. Surveys, n° V.) Un vol. cart. de VII + 160 p. avec fig., publié par la Soc. Amér. de Math., New-York, 1951. Prix : 4 dollars.

S. Bergmann est bien connu en France, par diverses publications, entre autres deux importants fascicules du Mémorial des Sciences Mathématiques, à savoir le n° 106 (1947) : **Sur les fonctions orthogonales de plusieurs variables complexes avec applications aux fonctions analytiques** ; et le n° 108 (1948) : **Sur la fonction noyau d'un domaine et ses applications aux transformations pseudo-conformes.** Très représentatifs, ces deux titres indiquent bien la ligne générale des travaux de l'auteur, qu'il a rédigés, soit seul, soit en collaboration avec divers mathématiciens, Marcinkiewicz, W. T. Martin, Schiffer...

L'actuel volume, sous le titre : **« Fonctions noyaux et représentation conforme »**, donne la synthèse plus détaillée de ces diverses recherches : synthèse très éducative, car elle emprunte ses idées directrices à l'analyse fonctionnelle en mettant au premier plan la théorie des systèmes de fonctions orthogonales, liée à la géométrie de l'espace hilbertien, et faisant apparaître la **fonction noyau** en liaison avec un problème général de minimum. A cette fonction noyau sont rattachées les fonctions résolvantes des problèmes de Dirichlet et de Neumann en théorie de potentiel, et aussi bien

la fonction intervenant en théorie de la représentation conforme. Considérations très fécondes, étroitement liées aux méthodes variationnelles d'Hadamard, et largement extensibles vers la théorie des équations aux dérivées partielles. Considérations qui sont, en outre, appliquées, en un dernier chapitre, à l'analyse des fonctions de deux variables complexes et de la représentation pseudo-conforme.

G. BOULIGAND.

BOUTELOUP (J.). — Vagues, marées, courants marins. — Un vol. in-16, 128 pages, 35 figures. Paris, 1950. — Collection Que sais-je ? Ed. Presses Universitaires de France.

L'étude théorique des mouvements des océans pose aux physiciens et aux mathématiciens des problèmes difficiles à résoudre. De nombreuses mesures sont nécessaires et l'expérimentation a pu être poussée fort loin.

L'auteur étudie successivement : la houle et les autres mouvements locaux et temporaires, les marées et les courants marins. Le non-spécialiste sera surpris de l'énorme importance prise par l'expérimentation sur modèles réduits. Nous notons au passage une élévation du niveau moyen de la mer à Marseille depuis 20 ans (phénomène déjà signalé dans l'Atlantique occidental) et une confirmation de l'existence réelle du Gulf Stream.

C'est un petit livre très attachant, du fait de son sujet, mais surtout de la présentation adoptée par l'auteur qui a su expliquer des problèmes difficiles sans développements mathématiques inutiles. Des références bibliographiques permettront d'ailleurs de trouver les compléments mathématiques et expérimentaux.

R. FURON.

C. BURRI. — Das Polarisationsmikroskop. — Lehrbücher und Monographien aus dem Gebiete der exakten Wissenschaften, 25. Chemische Reihe, Band V. — Un vol., 308 p., Verlag Birkhäuser, Basel, 1950. Prix : relié 32,80 fr. suisses.

Cet ouvrage, destiné principalement aux chimistes et minéralogistes, est consacré à la théorie et aux diverses techniques d'emploi du microscope polarisant. Après un exposé sommaire des caractères de la propagation des ondes lumineuses et sur l'utilisation de l'ellipsoïde des indices pour la résolution des principaux problèmes de l'optique cristalline, l'auteur décrit les modèles, les accessoires, la préparation des matériels à examiner et les divers montages du microscope polarisant. Les chapitres suivants examinent l'emploi du microscope polarisant en lumière naturelle, puis les méthodes d'études des cristaux par l'examen de l'éclairement et de la forme des figures d'interférence en lumière convergente, puis en lumière parallèle, l'utilisation des méthodes d'immersion pour la mesure des indices cristallins, la théorie et la technique de la table universelle de Fedorow, la méthode de A. Michel-Lévy pour le calcul et la construction des directions d'extinction dans les éléments de cristaux biones .

G. PETIAU.

E. CATTELAIN. — Pour comprendre la Chimie moderne. — Un vol. in-16 de 302 pages avec 72 figures. Quatrième édition entièrement remaniée. Edit. G. Doin et Cie, Paris, 1951. Prix : 390 fr.

Ce livre, qui a reçu l'accueil le plus favorable (la première édition date de 1933) n'est pas un Cours de Chimie. Il n'a d'autre but que d'initier le public, dans un style simple, clair et précis, à une science dont les applications se pressent, multiples et variées, autour de lui.

Aux nombreuses questions que se pose un esprit curieux, cette initiation cherche à répondre. Le champ qu'elle embrasse est immense : ne pouvant renfermer tout ce qu'il est possible de savoir, elle fournit, du moins, ce qu'il n'est pas permis d'ignorer.

L'édition actuelle, qui est notablement plus volumineuse que les précédentes, a été tenue soigneusement au courant des nouveautés essentielles (données les plus récentes sur les constituants les plus intimes de la matière, désintégration artificielle des atomes et radioactivité provoquée, éléments transuraniens, principe de la bombe atomique, etc.), l'auteur, par des modifications et des additions appropriées, s'étant attaché à y introduire les principales acquisitions de la science au fur et à mesure qu'elles voyaient le jour, toutes les questions de détail ou d'intérêt secondaire ayant été volontairement laissées à l'écart.

Cet ouvrage élémentaire constitue en quelque sorte la charpente même de nos connaissances en Chimie. Il réussit à initier graduellement le lecteur au mécanisme des transformations profondes de la matière en lui présentant les grandes lignes de cette science avec le relief qui leur convient et, par suite, il lui facilite l'accession aux Traités proprement dits.

P. CHABRIER.

R. DELTHEIL et D. CAIRE. — Compléments de géométrie (géom. métrique, géom. projective, géom. anallagmatique). — Un vol. 16 × 25 de 437 p., de la coll. A. Châtelet-Baillière, Paris, 1951.

La publication faite en 1939 par les mêmes auteurs d'un volume intitulé **Géométrie (transformations, coniques)**, visait à développer le programme de la classe de Mathématiques, accompagné de compléments (en petits caractères) destinés aux candidats à divers concours. Aujourd'hui, indépendamment des matières de la classe de Mathématiques, présentées dans un premier volume, paraît un second volume, accessible à partir de la classe de Mathématiques Supérieures, et donnant les compléments d'une manière plus substantielle. Ce nouvel ouvrage se recommande par l'éclectisme des méthodes. Tout en conservant la priorité au style purement géométrique, il introduit, en effet, avec le calcul vectoriel, la géométrie analytique et les éléments imaginaires. Il insiste sur les groupes. Applications à la cinématique. Choix abondant d'exercices et de problèmes, facilités par des indications sommaires, et constituant un précieux matériel pour les candidats aux divers concours d'enseignement.

G. BOULIGAND.

M. DENIS-PAPIN et A. KAUFMANN. — Cours de Calcul matriciel appliqué, préfaces de MM. F. Esclangon et G. Lehr, Albin Michel, édit., Paris, 1951.

Dans cet ouvrage, les auteurs ont tenté de donner au grand public technique un aperçu de la théorie des matrices ; les trois premiers chapitres renferment un exposé, volontairement simplifié, des propriétés de ces dernières, le reste du livre étant consacré à l'étude de leurs applications à la dynamique des vibrations, à la théorie du quadripôle, à la résistance des matériaux ; le dernier chapitre, qui traite des machines mathématiques modernes, est particulièrement à retenir.

M. PARODI.

G. DŒTSCH. — Handbuch der Laplace-Transformation. — T. I : Théorie de la transformation de Laplace. — Un vol. cart. de 580 p., 18 × 25, avec fig. Birkhäuser, Bâle, 1950. Prix : 78 fr. suisses (broché : 74 fr.).

On sait le prix que présente aujourd'hui pour l'ingénieur la transformation de Laplace, c'est-à-dire le passage d'une fonction F (t) définie pour $t > 0$ à une nouvelle fonction f (s) par l'intégrale de Laplace

$$f(s) = \int_0^\infty e^{-st} F(t)\, dt$$

ou à d'autres fonctions définies par des intégrales plus ou moins voisines (introduites par Mellin, Hilbert, Fourier, Hankel...). Le volume actuel montre l'intérêt d'une étude approfondie de ces transformations au point de vue de

la théorie générale des fonctions. Il expose cette théorie en la mettant à la portée d'un lecteur possédant le bagage des mathématiques générales.

Accompagné d'une abondante bibliographie et d'un index, appuyé en outre par un appendice rappelant de nombreuses formules et propositions d'analyse qui se présentent au cours du développement principal, l'ouvrage actuel se subdivise en cinq parties.

La première pose les fondements analytiques de la théorie de la transformation de Laplace, en insistant sur le caractère linéaire de cette opération et sur les diverses modalités de convergence, ce qui fait distinguer entre l'abscisse de convergence absolue, l'abscisse de convergence simple, l'abscisse de convergence uniforme, l'abscisse d'holomorphie... ; en soulignant par des applications toute la portée du théorème d'unicité ; et aussi bien, en dégageant les lois simples obtenues comme résultantes de l'opération qui intervient ici et d'autres opérations usuelles, dérivée, intégrale, composition à la Volterra...

La seconde partie traite de l'inversion des transformations de Fourier et de Laplace, de la relation de Parseval et des problèmes apparentés. Un grand soin est apporté à établir les conditions que doit remplir une fonction pour jouer le rôle d'une transformée de Laplace. Chemin faisant, le calcul des résidus est mis à profit, en vue d'obtenir, pour des fonctions miromorphes,, ce type de représentation.

La troisième partie expose l'extension de la transformation de Laplace par les processus de sommabilité du type (C, k) de Cesaro.

La quatrième partie étudie la transformation de Laplace pour des catégories particulières de fonctions. Théorie très élégante où l'on retrouve, à des fins de prolongement analytique, le polygone de sommabilité de Borel et ses généralisations. On est ici à un carrefour où se mesure toute la richesse du sujet, dont témoigne en particulier l'entrée en scène des fonctions presque périodiques.

La cinquième partie donne dans ce champ des extensions de ces théorèmes dits d'Abel et de Tauber : bien connus pour les séries de puissances, ils ont été transférés dans le domaine des séries de Dirichlet, et il n'était pas moins naturel d'en prolonger l'étude au secteur actuel, qui se fond avec celui des dites séries lorsqu'on introduit des f (s) définies en remplaçant l'intégration ordinaire, considérée au début, par l'intégration au sens de Stieltjes.

Tout cela forme un ensemble d'une haute portée éducative ; on peut en attendre beaucoup en ce qui concerne la participation toujours plus efficace des étudiants aux théories analytiques de formation récente.

G. BOULIGAND.

DULAEY (M.). — Construction des abaques. — Gauthier-Villars, édit., 1951, 486 pages. Prix : 2.500 fr.

L'ouvrage est un véritable traité élémentaire de la construction des abaques. Il est destiné aux ingénieurs qui, ne trouvant pas dans le commerce les abaques correspondant à un problème donné, se voient contraints de construire eux-mêmes l'outil graphique dont ils ont besoin. Le texte, qui comporte de nombreux exemples d'application, est développé en laissant de côté toute considération théorique et même démonstrative, de manière à être à la portée du plus grand nombre possible de lecteurs.

G. GUILLAUMIN.

Charles FABRY. — L'Ozone atmosphérique, préface de Jean Cabannes. — Edit. C. N. R. S., Paris. 1950.

Le Centre national de la Recherche scientifique a rempli un pieux devoir en même temps qu'une œuvre utile en publiant un ouvrage posthume de Charles Fabry sur l'Ozone atmosphérique. Charles Fabry et Henri Buisson

ont mis au point, dans une longue série de recherches dont la publication a commencé au Journal de Physique en 1912, toute la technique du dosage et de la répartition de l'ozone dans l'atmosphère terrestre.

Dans son ouvrage, Charles Fabry expose, avec sa clarté et sa précision habituelles, non seulement ses propres travaux, mais encore ceux de tous les savants qui se sont occupés de cette importante question. Après un historique fort suggestif, Charles Fabry résume les propriétés chimiques et optiques de l'ozone et indique les méthodes de détection et de dosage reposant sur les propriétés absorbantes de l'ozone pour les radiations.

Il parvient à rassembler dans huit chapitres extrêmement nourris toutes les notions permettant de déterminer la répartition de l'ozone dans l'atmosphère et de donner une théorie de la formation de l'équilibre et des variations d l'ozone atmosphérique. Le rôle de l'ozone en météorologie et en biologie est ainsi mis en évidence d'une façon particulièrement nette et précise.

Mme A. Vassy a complété un manuscrit auquel manquait des figures et des indications bibliographiques avec un soin digne d'éloges.

M. PARODI.

FURON (Raymond). — L'Iran : Perse et Afghanistan. — 336 p., 8 pl. Payot, 1951. Prix : 900 fr.

En fondant en un seul volume les deux ouvrages qu'il a précédemment consacrés à l'Afghanistan et à la Perse, complétant et mettant à jour ses textes primitifs, R. Furon nous offre une vue d'ensemble, claire, concise et fort bien documentée de ce carrefour historique de l'Asie occidentale qu'est le Plateau iranien. Est-il besoin de souligner le caractère d'actualité de ce livre au moment où tous les regards sont anxieusement tournés vers la Perse et son pétrole ?

A ses observations personnelles, fruits de longs séjours dans les pays dont il nous parle et qu'il a parcourus en tous sens, ayant d'étroits contacts avec leurs élites, mais se mêlant également au petit peuple des bazars et des campagnes, l'auteur nous fait bénéficier de ses patientes recherches bibliographiques.

La Perse et l'Afghanistan, royaumes voisins, ont évolué tout différemment, aussi était-il logique de les décrire séparément. L'Histoire, qui les a profondément marqués l'un et l'autre, occupe une large place dans ce volume. Nous ne pouvons que nous en féliciter, car elle y est exposée d'une façon très vivante. Elle nous montre comment a évolué depuis 5.000 ans la civilisation iranienne au milieu des invasions, des interventions étrangères, toujours intéressées, et quelles ont été dans les deux pays les conséquences des rivalités et des intrigues anglo-russes depuis plus de cent ans, aggravées dans le cas de la Perse par la découverte du pétrole au début du siècle. Ces faits expliquent l'état d'esprit, le comportement et les réactions, parfois xénophobes, des Persans et des Afghans.

Mais la géographie physique, humaine et économique n'a pas été négligée et nous trouvons dans le volume de R. Furon l'essentiel de ce que nous désirons connaître concernant les paysages naturels, de relief, l'hydrographie, le climat, les ressources économiques et les moyens de transport des deux royaumes. Quelques tableaux de leur vie moderne complètent heureusement notre documentation.

Plusieurs cartes et des photographies de l'auteur, très significatives, mais trop peu nombreuses à notre avis, ajoutent à l'attrait de cet ouvrage.

E. AUBERT DE LA RUE.

GALLAIS (F.). — Chimie minérale théorique et expérimentale (Chimie électronique). — Masson et Cie, 1950. Un vol., 810 p.

L'ouvrage de M. Gallais se différencie nettement des ouvrages de Chimie minérale jusqu'ici publiés en France. Dans l'introduction, l'auteur signale

la profonde influence qui a été exercée sur lui par les ouvrages de Sidgwick et de Pauling. Ces deux noms suffisent pour définir le caractère de cette Chimie minérale qui s'élève au-dessus de la masse des faits expérimentaux pour essayer, par la logique, de dégager, à partir de leur structure, les principales propriétés des éléments.

La première partie (235 pages) constitue un cours de Chimie générale préparatoire à l'étude de la deuxième partie consacrée à l'étude des éléments. Cette première partie comprend, tout d'abord, l'étude des atomes et des molécules, avec les lois fondamentales de la Chimie, les classifications périodiques, la loi de Moseley, la constitution de l'atome, la valence. L'exposé suit l'ordre historique, puisque les travaux de Moseley sont décrits après les classifications. Les chapitres sur la constitution de l'atome et la valence sont remarquablement bien venus. L'étude de la réaction chimique, énergétique, cinétique, équilibres, ions, tautomérie et mésomérie termine cette première partie.

La deuxième partie (566 pages), consacrée à l'étude des éléments, repose essentiellement sur la classification périodique. Les éléments ne sont pas décrits isolément, mais avec leurs voisins de groupe ou de sous-groupe. Les analogies, les différences sont mises en évidence en s'appuyant sur les considérations théoriques exposées dans la première partie. L'étude par groupe ou sous-groupe supprime la distinction assez artificielle entre métalloïdes et métaux, les propriétés d'un élément sont présentées en fonction de la place occupée dans la classification périodique.

Cet ouvrage est destiné aux futurs licenciés, ingénieurs-chimistes, pharmaciens. Nul doute qu'il ne rencontre dans le corps enseignant, **à tous les degrés**, un accueil extrêmement favorable, contribuant ainsi à moderniser l'enseignement de la Chimie. Il saura faire aimer la Chimie à des candidats aux divers examens et concours de notre Université qui, jusqu'ici, considéraient cette partie de la Science avec un enthousiasme assez réticent.

L. DOMANGE.

GARNIER (René). — Cours de Cinématique : t. III, géométrie et cinématique cayleyennes. — Un vol. 16 × 22 de XI-376 p. Gauthier-Villars, Paris, 1951.

Après avoir appliqué, dans les deux premiers volumes, la méthode du repère mobile, aux questions fondamentales de la Cinématique euclidienne et traité dans cette voie de la courbure des enveloppes de surface, l'auteur établit ici que la même méthode réussit dans les espaces (C) de Cayley, en prenant comme repère un tétraèdre conjugué par rapport à la quadrique dénommée l'**absolu** et s'aidant d'un espace vectoriel à 4 dimensions, où les composantes d'un vecteur donnent pour un point de (C) un système de coordonnées homogènes. Cette méthode fait retrouver, dans un premier chapitre, les théorèmes de la géométrie elliptique et ceux de la géométrie hyperbolique (dont les absolus se correspondent dans une projectivité à coefficients complexes) et de rallier à une synthèse harmonieuse divers résultats antérieurs (Bianchi, Blaschke, E. Cartan, J. L. Coolidge, G. Darboux, P. Faton, G. Fubini, J. Petersen, E. Study, O. Veblen, etc...). Les chapitres suivants reprennent point par point les divers thèmes étudiés dans les volumes précédents (cinématique du point et des courbes gauches, éléments de la théorie des surfaces, mouvements à champs de vitesses indépendants du temps ; formes diverses, dans le cas actuel, de la construction de Savary ; problèmes généraux posés par l'étude d'un mouvement arbitraire d'un solide, ce qui comporte des problèmes du premier ordre, pour prolonger la théorie des axoïdes et les résultats de Kœnigs, ainsi que des problèmes du second ordre, dont le traitement serre de près la technique employée dans l'espace euclidien. Diverses notes (aires et volumes, statique et dynamique dans un espace (C), terminent l'ouvrage, qui convient aux amateurs de belle géométrie.

G. BOULIGAND.

GUY (R.), LARUELLE (P.) et BERTON (A.). — **Méthodes physiques d'étude des structures moléculaires : I. Spectres optiques**, préface de M. R. Fabre. SEDES, Paris, 1951. Prix : 400 fr.

Les techniques physiques d'étude des structures moléculaires ont fait, en 1949-1950, l'objet du cycle de conférences annuelles organisées à la Faculté de Pharmacie de Paris. Le présent ouvrage renferme la substance de ces exposés dans lesquels on s'est attaché à donner une vue d'ensemble du comportement des molécules organiques dans l'absorption ultraviolette, l'absorption infrarouge, l'effet Raman et la diffraction des rayons X, en éliminant tout développement théorique trop abstrait, l'auditoire étant plus particulièrement composé de chimistes et de biologistes.

Après M. Guy, qui expose dans la première conférence la théorie quantique des spectres d'absorption ultraviolette et infrarouge, et des spectres de diffusion et donne de nombreuses applications de cette théorie à la détermination des structures moléculaires, MM. Laruelle et Berton étudient respectivement la diffraction des rayons X par les cristaux et l'utilisation des spectres d'absorption, tant ultraviolets que Raman, en Chimie, s'attachant de plus à faire ressortir, parmi une foule de techniques, celles qui sont d'un emploi facile dans les laboratoires non spécialisés. L'ouvrage intéressera certainement les chercheurs.

M. PARODI.

LEVASSEUR (A.). — **L'Electrochimie et l'Electrométallurgie.** — 2 tomes, Dunod, Paris, 1950.

Le premier tome est consacré à l'étude de l'électrolyse aqueuse dont la théorie est exposée avec clarté dans la première partie ; puis vient la description des principales applications industrielles de l'électrolyse avec un court appendice traitant de l'utilisation chimique de l'effluve. Dans tout l'ouvrage on s'est efforcé de présenter des méthodes cohérentes qui doivent permettre à l'ingénieur de donner aux problèmes posés par l'industrie les solutions les plus rationnelles.

Le second tome, consacré aux fours électriques, étudie ces appareils en se plaçant successivement au point de vue du constructeur, de l'installateur et de l'utilisateur.

Cet ouvrage, rédigé en tenant compte des plus récents perfectionnements de la technique, permettra au praticien de trouver, pour chaque application particulière, les renseignements immédiatement utilisables, ainsi que les indications numériques et pratiques dont il a besoin.

M. PARODI.

PETERSON (A. D. C.). — **L'Extrême-Orient. Géographie sociale.** — Un vol. in-8°, 318 pages, 21 croquis. (Bibliothèque géographique), Paris, 1951. Payot, éditeur. Prix : 650 fr.

Parmi le trop grand nombre de livres qui s'impriment, il n'est pas toujours facile de trouver à exprimer sa satisfaction de lecteur content d'avoir trouvé un sujet neuf et bien présenté. Disons tout de suite que l'ouvrage du Colonel Peterson est très remarquable, que la traduction est très bonne, mais il est regrettable d'avoir réduit l'illustration à des croquis manuscrits.

Ce livre nous explique clairement l'état actuel (1949-1950) et les problèmes de tout l'Extrême-Orient, depuis le Pakistan jusqu'au Kamtchatka et au Japon. Il est donc le bienvenu, puisque tout ce qui a été écrit sur ces pays avant la guerre de 1939 n'a plus qu'un intérêt historique.

Nous voyons ainsi : la nouvelle organisation de l'Inde et du Pakistan indépendants, ennemis et menacés de la famine avec leurs 400 millions d'habitants ; l'évolution économique et politique de la Chine ; les difficultés de la jeune République de Birmanie, du Siam et de l'Indochine ; la richesse de la Malaisie contrariée par le terrorisme ; la structure moderne de l'Indo-

nésie libre, mais manquant de cadres ; les difficultés intérieures provoquées par l'indépendance aux Philippines ; les conséquences réelles de la guerre et de l'occupation américaine au Japon ; l'évolution récente de la Corée, de la Mandchourie et des provinces extrême-orientales de l'U.R.S.S.

L'auteur, qui connaît bien tous ces pays, qui les a étudiés avec toute la bonne foi d'un observateur consciencieux, exprime pour terminer ce qu'il pense du présent et de l'avenir : le besoin absolu d'une longue période de paix pour résoudre le problème unique, nourrir une population qui va toujours en croissant, alors que les ressources en vivres sont en diminution marquée. Ce livre mérite une grande diffusion ; il ne contient pas de propos de politicien, mais les observations d'un économiste et sociologue.

R. FURON.

PUFFER (R. R.). — Practical Statistics in Health and Medical Work. — Mac Graw-Hill book Company, édit., New-York, Toronto et Londres, 1950, 238 p. Prix : 3.75 dollars ou 30 shillings.

Application des méthodes statistiques les plus simples à la biologie et, plus spécialement, aux problèmes posés par la santé publique. L'auteur, qui est directrice du département de la santé publique dans un des Etats des U.S.A., insiste particulièrement, dans son exposé, sur la mise en œuvre des données statistiques et s'attache à poser une définition précise de la terminologie usitée en la matière, ce qui rend très claires les applications pratiques données dans la seconde partie de l'ouvrage.

G. GUILLAUMIN.

ROSTAND (Jean). — La biologie et l'avenir humain, uchronie scientifique. — Paris, 1950, Albin Michel. Un vol. in-16 de 96 pages de la Collection Descartes « Pour la vérité ». Bibliographie sommaire. Prix : 120 fr.

Biologiste complet, Jean Rostand, tout en poursuivant de passionnants travaux dans son laboratoire, suit l'activité des autres chercheurs et son immense culture lui permet de synthétiser les résultats obtenus. Pour lui, ces résultats sont d'ores et déjà capables de changer la destinée humaine : « De ce que nous saurons, dépendra ce que nous serons. » La biologie est déjà intervenue dans notre mode d'existence et son rôle ne fera que s'affirmer par la suite. Elle nous promet la détermination volontaire des sexes, la génération sans père, la grossesse en bocal, etc., dans un temps qui est peut-être moins éloigné que nous pouvons le penser. De nombreux obstacles humains d'ordre affectif et spirituel se présenteront, mais, malgré les délais ainsi obtenus, c'est la Science qui doit avoir le dernier mot.

R. CHAUX.

ROTHE (J. P.), THELLIER (E.), JOUAUST (R.), DAUVILLIER (A.). — Problèmes de Géomagnétisme. — Paris, 1950 (Revue d'Optique, édit).

Cinq conférences-rapports présentés au Congrès de l'A.F.A.S., tenu à Genève en juillet 1948, ont été groupées par A. Dauvillier, dans le but de mettre au point divers aspects du magnétisme terrestre. C'est le phénomène le plus important de la Géophysique, il est connu depuis trois siècles, mais reste mystérieux jusque dans son origine même. Les chapitres traités sont : Géomagnétisme et géologie, Géomagnétisme dans le passé, l'état de nos connaissances actuelles sur l'ionosphère et ses relations avec le magnétisme terrestre, Magnétisme terrestre et rayons cosmiques, Origine du Magnétisme terrestre.

A. Dauvillier termine en remarquant que, si le globe terrestre ne contenait pas un peu de magnétite, le géomagnétisme n'existerait pas et les corpuscules cosmiques, au lieu de décrire autour de lui des trajectoires lointaines, le bombarderaient avec une énergie telle que la vie n'aurait peut-être jamais pu apparaître à sa surface.

R. FURON.

RUSSO (François). — Histoire de la Pensée Scientifique. — Un vol. in-8°, de 125 pages (13 × 19). La Colombe, Paris, 1951. Prix : 280 fr.

Avec l'appui de classiques (Duhem, P. Tannery, Rey Brunschvicg, Meyerson) et de travaux récents (Moury, Bachelard, Koyré), le présent livre dégage les idées dominant l'évolution de l'esprit scientifique. Il évite de lui assigner une progression continue, il retient les attitudes diverses s'affrontant à une époque donnée, il insiste sur les XVII[e], XVIII[e] et XIX[e] siècles. Enfin, il esquisse les lignes du nouvel esprit scientifique qui, malgré sa libre expansion, tend à mieux respecter la place de la philosophie et de la religion. Et l'auteur émet l'espoir, en terminant, de voir la science, après une adolescence ombrageuse, s'intégrer bientôt « dans une vue vivante, plénière et spirituelle des choses ! »

G. BOULIGAND.

STEPHENS (R. W. B.) et BATE (A. E.). — Wave motion and Sound. — Edward Arnold, Londres, 1950.

En rédigeant ce travail, les auteurs ont tenté avec succès de fournir aux étudiants un exposé moderne des propriétés des ondes acoustiques et du son, destiné à combler la lacune qu'ils ont constatée dans la littérature anglaise, entre les ouvrages élémentaires et les traités théoriques utilisant les procédés les plus élevés de l'analyse.

Traitant de tous les problèmes que soulève le rapide progrès de l'acoustique expérimentale et ne demandant, pour être lu, que des connaissances mathématiques modestes, cet ouvrage rendra certainement des services appréciables aux techniciens et aux jeunes étudiants des Facultés.

M. PARODI.

VERRIEST (Gustave). — Introduction à la géométrie non euclidienne par la méthode élémentaire. — Un vol. 16 × 22, de VII-193 p. Gauthier-Villars, Paris, 1951. Prix : 1.000 fr.

Ouvrage rédigé, à partir des axiomes de Hilbert, pour permettre au lecteur de distinguer, entre maintes propriétés des figures, celles qui sont valables dans l'un des systèmes de Lobatchefsky ou de Riemann (variétés à courbure constante) et celles qui sont spéciales à la géométrie euclidienne. La qualité des travaux didactiques de l'auteur est trop connue pour qu'il soit utile d'insister. Sa mort récente sera d'autant plus cruellement ressentie.

G. BOULIGAND.

WILDER (R. L.). — Topology of manifolds (Topologie des variétés). — Collection des Amér. Math. Soc. Colloq. Publications, vol. 32. New-York, Am. Math. Soc., 1949, 10 + 402 p. Prix : 7 dollars,

On sait qu'un cycle simple K étant tracé sur une sphère M, l'ensemble M-K se présente comme la réunion de deux ouverts disjoints A et B, dont les fermetures sont homéomorphes à deux disques fermés. Inversement, on connaît les conditions que doit remplir M-K pour que K soit un cycle simple ou un continu localement connexe. L'auteur se propose ici d'étendre ce secteur très classique de la Topologie aux variétés d'ordre supérieur, en utilisant surtout la théorie de l'homologie. Il remplace donc M par une variété de dimension n, au sens de l'homologie et K par un ensemble fermé ayant certaines propriétés de connexité et de connexité locale : parfois K sera une variété de dimension $< n$.

Après révision des notions de la topologie générale, entre autres la connexité, est établi le théorème de Brouwer lorsque M est une sphère, K une n-1 sphère (ou un équivalent topologique). Très élémentairement sont légitimées les relations de dualité d'Alexander entre les nombres de Betti (mod. 2)

de K et M-K. A la suite d'autres exposés préparatoires (homologie, espaces péaniens) sont justifiés des caractères propres aux variétés à 2 dimensions. Ainsi, prenant une sphère S^2, on explicite les conditions nécessaires et suffisantes que doit en vérifier le sous-ensemble S^2-K, pour que K soit un continu péanien.

Au-delà de cet exposé, matière des quatre premiers chapitres, on s'initie aux théories d'homologie et de cohomologie de Cech qui donnent un aspect plus algorithmique et conduisent à une étude plus subtile des continus. Dans ce nouveau cadre, une définition convenable d'une variété généralisée à n dimensions permet à l'auteur de préciser la notion d'orientabilité, et pour les variétés orientables, d'établir le théorème de dualité de Poincaré, tout en complétant le théorème de dualité d'Alexander. Pour les cas $n \leqq 2$, l'extension proposée de la notion de variété ne dépasse pas la notion classique. Mais il n'en est plus de même pour $n > 2$.

Les trois derniers chapitres (10 à 12) poussent plus avant l'élargissement des propriétés évoquées tout au départ en étudiant les invariants positionnels de K sur M, en introduisant des concepts locaux (dualité locale, accessibilité, etc...).

On ne saurait trop rendre hommage à l'unité méthodologique, renforcée progressivement à partir du chapitre V, au caractère stimulant de l'ouvrage qui propose des problèmes non résolus et donne une bibliographie détaillée ; enfin, à l'auteur lui-même qui a pu, grâce à ses importantes recherches, contribuer à parfaire les théories qu'il expose dans ce livre.

G. BOULIGAND.

WENTZEL (Gregor). — Théorie quantique des champs (Quantum Theory of Fields). — Traduit de l'allemand par C. Hontermans et J. M. Jauch, av. un appendice de J. M. Jauch. — 1 vol. VII-224 p., Interscience Publishers Inc., New-York et London, 1949. Prix : 6 dollars.

Après un rapide essor et les succès que l'on sait dans la théorie des structures atomiques et moléculaires, la mécanique ondulatoire et rencontré dès ses débuts de grandes difficultés à rendre compte des propriétés du champ électromagnétique ou photonique. Le formalisme adapté à cette étude, connu sous le nom de théorie quantique des champs, a subi sans cesse de profonds remaniements depuis les exposés initiaux de Dirac, Pauli, Jordan, Heisenberg, Fock, etc..., et l'on peut dire que ce domaine de recherches a distrait sans succès importants une très grande part de l'activité des théoriciens du monde entier pendant les quinze dernières années. Néanmoins, une théorie satisfaisante dans l'ensemble, présentant par ailleurs des lacunes ou des difficultés sur certains points, s'est peu à peu élaborée et l'on peut espérer qu'à la suite de l'effort accru qui se porte sur ce sujet depuis deux ans dans les principaux pays du monde, nous approchons d'une théorie complètement satisfaisante des champs et de leurs interactions avec la matière.

Le premier ouvrage rassemblant les résultats pouvant être considérés comme acquis définitivement sur ce sujet, a été l'éditions en langue allemande du livre de M. G. Wentzel : « Einführung in die Quantentheorie der Wellenfelder », parue à Vienne en 1943, mais sa diffusion en Occident a été quasi nulle à la suite de la défaite alllemande et je ne crois pas qu'il en soit parvenu par des voies indirectes plus de trois ou quatre exemplaires en France. Ultérieurement, cet ouvrage fut reproduit photographiquement aux U.S.A., mais presqu'aussitôt épuisé et les difficultés de change de ces dernières années en ont rendu l'acquisition pratiquement impossible aux chercheurs français. Aussi accueillons-nous avec une grande satisfaction l'apparition d'une nouvelle édition de cet ouvrage, cette fois en langue anglaise et disponible immédiatement en France chez les libraires spécialisés.

L'exposé de la théorie quantique des champs que donne M. G. Wentzel est divisé en six parties : 1. Principes généraux : formalisme canonique, théorème de conservation, discussion de l'invariance par rapport à la transformation de Lorentz, décomposition des fonctions d'ondes en intégrales de Fourier ; 2. Théorie du champ scalaire : champs réels et champs complexes en l'absence de sources ou en interactions avec des nucléons, combinaisons des champs neutres et chargés, particules chargées dans un champ électromagnétique ; 3. Théorie du champ mésique vectoriel : champ mésique vectoriel dans le vide ou en présence d'un champ électromagnétique, représentation des interactions nucléaires, application de la théorie du méson à l'interprétation des forces nucléaires ; 4. Electrodynamique quantique ; théorie du champ électromagnétique dans le vide, interaction avec les électrons, formalisme multitemporel, remarques sur le problème de l'énergie propre ; 5. Théorie quantique des champs de particules satisfaisant à la statistique de Fermi, électrons libres et électrons dans les champs électromagnétiques ; 6. Remarques complémentaires : particules de spin supérieur à 1, liaison entre spin et statistique, coup d'œil d'ensemble sur la théorie des champs. En appendice, une note de M. J. Jauch sur la symétrisation du tenseur énergie-impulsion.

Nous espérons, par ce bref compte rendu, avoir montré l'intérêt de l'ouvrage de M. G. Wentzel qui, pour les chercheurs s'intéressant aux théories modernes sur la structure ultime de la matière, complètera l'exposé qu'a donné récemment de la théorie des champs M. Louis de Broglie dans son ouvrage : « Mécanique ondulatoire du photon et théorie quantique des champs. »

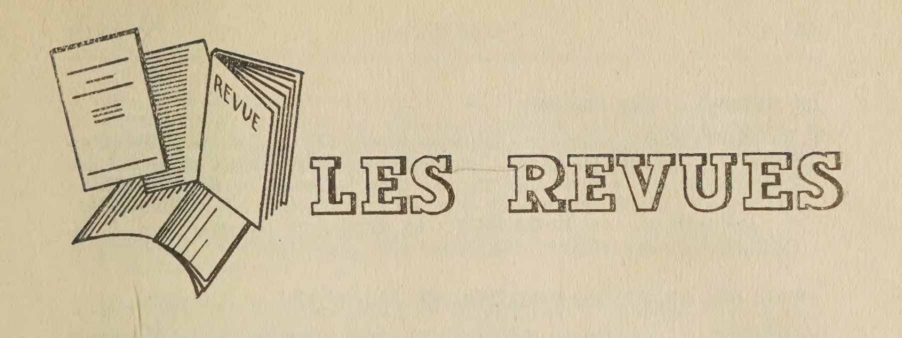
G. PETIAU.

INTERACTIONS ENTRE LE NOYAU ET SON CORTÈGE ÉLECTRONIQUE. — Réunions d'études et de mises au point tenues sous la présidence de M. Louis de Broglie. — 1 vol. 201 p. Paris 1949, Editions de la Revue d'optique théorique et instrumentale.

Depuis bientôt sept ans, M. Louis de Broglie organise tous les ans, au mois de mai, une série de réunions d'études et de mises au point portant sur des sujets importants et particulièrement d'actualité en physique moderne. Les réunions de 1948 étaient consacrées à l'étude des principaux phénomènes dans lesquels les propriétés des noyaux atomiques et de leurs électrons périphériques entrent simultanément en jeu. Les éditions de la Revue d'optique qui publient régulièrement, depuis 1944, les rapports et interventions dans ces réunions, nous donnent ici les textes des conférences de 1948, sauf l'exposé de M. F. Perrin sur les conclusions théoriques qui semblent devoir être dégagées des expériences alors récentes de Lamb et Retherford.

Après un préambule (dû vraisemblablement à M. Daudel) sur la description des atomes par la mécanique ondulatoire, le premier exposé de M. Daudel donne une introduction théorique à l'étude des interactions entre noyaux et électrons périphériques. M. Chanson traite ensuite de l'isomérie nucléaire. M. J. Surugue expose, du point de vue expérimental, nos connaissances sur les phénomènes de conversion interne dont M. J. Ratier fait ensuite la théorie. Mme P. Benoist et R. Bouchez traitent de la capture des électrons périphériques par les noyaux, M. Haïssinsky donne ensuite une vue d'ensemble sur l'effet Szilard et Chalmers (transformations chimiques accompagnant les réactions nucléaires), M. M. Jean expose la théorie de la création, etc...

G. PETIAU.



REVUES GÉNÉRALES EN LANGUE FRANÇAISE

ARCHIVES DES SCIENCES (Genève), vol. 4, fasc. 1 et 2.

P. FOURMARIER : Schistosite, foliation et microplissement. — **A. CAROZZI** : Tectonique et rythmes de désimentation.

ATOMES, n° 61, avril 1951.

Ch. DUFRAISSE : La Chimie réalisera-t-elle le captage de l'énergie solaire ? — **A. CHOVET** : Le Téléphone. — **Mme A. DOBRY** : La Rhéologie. — L'Hélice se perfectionne. — Les gelées printanières.

ATOMES, n° 62, mai 1951.

A. CHOVET : Le Téléphone. — Les maladies de la thyroïde et le radioiode. — La lutte biologique contre les insectes. — **R. CASTAING** : Le microscope électronique en biologie. — **J. NICOLLE** : La symétrie.

ATOMES, n° 63, juin 1951.

FREYMANN, J. LEBOT et S. LE MONTAGNER : Radar et chimie. — **Th. de GALIANA** : Topographie ancienne et moderne. — **Dr. P. VALLERY-RADOT** : Vrais et faux jumeaux. — Le métal qui fond dans la main : le Gallium.

ENDEAVOUR, vol. X, n° 38, 1951.

La querelle des Anciens et des Modernes en Grande-Bretagne. — **P. W. BRIDGMAN** : Quelques résultats en physique des hautes pressions. — **T. G. B. OSBORN** : Le jardin botanique d'Oxford. — **F. R. HAYES et C. C. COFFIN** : Le phosphore radioactif et les échanges de matières nutritives dans les lacs. — **F. SHERWOOD TAYLOR** : Le Science Museum de Londres. — **P. A. SHEPPARD** : Physique des nuages et leurs précipitations. — **FLORENCIO BUSTINZA** : Substances antibactériennes des Lichens. — **G. M. WYBURN et P. BASSICH** : La perméabilité des tissus animaux. — **E. L. HIRST** : Chimie des gommes et mucilages végétaux.

LA NATURE, n° 3192, avril 1951.

Manipulations et outils microscopiques. — **Y. DELBORD** : La télévision en couleurs. — La Gironde en péril. — **A. AUBERT DE LA RUE** : Les Iles australes françaises. — **P. DEVAUX** : La lutte contre le dérapage. — **J. BRYER** : Gratte-ciel pour abeilles. — A propos du transport des vins.

F. de LABORDERIE : Les deux plus gros avions militaires du monde. — **G. FOURNIER** : Icare et les petites planètes. — **J. COMBRISSON** : Les céramiques au titanate de baryum. — **R. ANTHOINE** : Faisons le point à propos de la bombe à hydrogène. — **Ed. LE DANOIS** : La vie errante des Germons. — **P. DEVAUX** : Nouveautés horlogères. — **E. AUBERT DE LA RUE** : Les Iles australes françaises : l'Archipel de Kerguelen. — **A. BRETON** : Une remorque de 100 tonnes. — **H. VERGNAUD** : L'Armoise, conquérante d'espace. — **J. COMBRISSON** : Tubes à vide pour ondes très courtes.

LA NATURE, n° 3194, juin 1951.

F. de LABORDERIE : Les avions militaires français au 19e Salon de l'Aéronautique. — **Colonel M. LAME** : Progrès et développements nouveaux des hélicoptères. — Le radio-carbone C14 date le passé. — **A. GUILCHER** : L'évolution du relief intérieur et côtier de la Bretagne. — **J. BOURGOGNE** : Les lépidoptères. — **P. GAUROY** : Le grand-nord canadien. — **P. M. GUELPA** : Le plus ancien livre sur les gîtes minéraux.

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 20 avril 1951.

P. STANER : La recherche scientifique facteur fondamental de l'économie congolaise. — **HOANG TCHANG-FONG** : Etat actuel des connaissances sur les mésons. — **C. de DUVE** : Rôle des composés phosphorés dans les transferts d'énergie de la matière vivante. — **E. GILLON** : Le développement récent de l'électronique (suite et fin). — **R. CHAUVIN** : Les conceptions révolutionnaires de Lorenz et la psychologie animale.

REVUES GÉNÉRALES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

EXPERIENTIA, vol. VII, fasc. 5, mai 1951, et fasc. 6, juin 1951.

J. EMBERGER : L'origine de la fleur. — **S. RANZI** : The Proteins in the Cells ans in Embryonic Development. — **J. LEVER** : On the influence of the Anti-thyroid substances on the Hormone production of the Thyroid Gland. — **W. KŒLLA** : Stumme Leistungen der Propriozeptivität.

JOURNAL OF THE FRANKLIN INSTITUTE, t. 250, n° 6, décembre 1950.

E. P. WIGNER : Le rôle des méthodes mathématiques dans les théories physiques. — **A. C. WALKER** : La croissance des cristaux piézoélectriques. **E. E. BLANTON** : Les circuits porteurs de compensation pour les servo-mécanismes, II. — **T. M. CHARLTON** : Notes sur l'analyse des systèmes surabondants au moyen du concept de conservation de l'énergie.

T. 251, n° 1, janvier 1951.

T. COULSON : La cent-vingt-cinquième année du Journal of the Franklin Institute. — Colloque sur la Science et l'Avenir : communications de **O. STRUVE, H. C. UREY, M. MORSE, I. I. RABI, J. C. HUNSAKER, O. E. BUCKLEY, N. WIENER, V. K. ZWORYKIN, W. R. BRODE, H. C. SHERMAN, E. V. CONDON, C. F. KETTERING, W. F. G. SWANN, F. SEITZ.**

T. 251, n° 2, février 1951.

F. B. LEE : Nos nouvelles grandes routes aériennes. — **P. MOON et D. E. SPENCER** : Calculs simplifiés de réflexions secondaires. — **L. EISENBUD** : Sur la théorie des phénomènes de corrélation angulaire. — **I. MALKIN** : Analyse des tensions dans une tête hémisphérique mince sous l'action de charges réparties sur des courbes concentriques. — **L. SILBERSTEIN** : Sur les caractères des quanta susceptibles de rendre développable un grain d'halogénure d'argent.

T. 251, n° 3, mars 1951.

M. F. DRAEMEL : Protection et conservation des ressources hydrauliques de la Pennsylvanie. — **E. T. B. GROSS, L. RABINS** : Analyse du régime transi-

toire dans les réseaux triphasés. — **P. F. ORDUNG, H. L. KRAUSS** : Le Diagramme de fréquence de réponse d'un circuit. — **W. V. STAUDER, A. H. WEBER** : Etude par diffraction électronique de films en feuilles d'or décapées. — **L. SILBERSTEIN** : Sensitométrie macroscopique, opacité et densité photographiques.

JOURNAL OF RESEARCH OF THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. — T. 45, n° 2, août 1950.

F. H. FORZIATTI, W. K. STONE, J. W. ROWEN, W. D. APPELS : Une poudre de coton pour mesures de transmission infrarouge. — **F. W. RUEGG, C. HALPERN** : Analyse gravimétrique des gaz de sortie des chambres de combustion des turbines à gaz. — **J. M. FLORENCE, C. C. ALLSHOUSE, F. W. GLAZE, C. H. HAHNER** : Absorption de l'énergie du proche infrarouge par certains verres. — **G. W. GEIL, N. L. CARWILE** : Propriétés de tension du fer coulé aux basses températures. — **W. J. LEVEDAHL** : Effets de la pression et d'autres variables sur les déterminations de l'indice d'octane. — **W. D. JENKINS et T. G. DIGGES** : Le Retrait du cuivre très pur. — **A. J. STREIFF, L. F. SOULE, C. M. KENNEDY, E. JAMES, V. A. SEDLACK, C. B. WILLINGHAM, A. D. ROSSINI** : Purification, pureté et points de solidification de 29 hydrocarbures des séries API-Standard et API-NBS.

T. 45, n° 3, septembre 1950.

M. G. PAWLEY : Contrôle de phase étendu dans un réseau ponté en T à résistance chargée. — **E. J. Mc DONALD** : La stabilité des solutions de dextrose de pH variables. — **E. K. PLYLER, M. A. LAMB** : Le spectre infrarouge du chlorofluorométhane. — **B. W. SCRIBNER, M. B. SHAW, M. J. O'LEARY, J. K. MISSIMER** : La liaison par la résine des fibres de bois durs dans les papiers offset. — **H. A. BOWMAN** : Détermination de très petites variations sur des intervalles de plusieurs jours dans les appareils d'horlogerie mécaniques. — **W. C. TAYLOR, R. H. BOGUE** : Un test de susceptibilité aux sulfates des ciments de Portland. — **R. W. BEATTY** : Atténuateurs connectés en cascade. — **F. L. MOHLER, L. WILLIAMSON, H. M. DEAN** : Ionisation totale d'hydrocarbures d'après les résultats de spectroscopie de masse. — **O. SZASZ** : Généralisation des polynômes de S. Bernstein pour un intervalle fini. — **W. E. MILNE** : Détermination numérique des nombres caractéristiques.

T. 45, n° 4, octobre 1950.

C. LANCZOS : Une méthode d'itération pour la résolution du problème des valeurs propres pour les opérateurs linéaires et différentiels. — **C. T. COLLETT, J. C. HUGHES, F. C. MOREY** : Mesure des diamètres intérieurs des tubes capillaires métalliques. — **V. H. DIBELER, F. L. MOHLER, E. J. WELLS, R. M. REESE** : Spectres de masses de quelques molécules isotopiques simples. — **A. I. DAHL, E. F. FIOCK** : Caractéristiques de réponses d'éléments sensibles à la température pour l'emploi dans le contrôle des appareils à réaction. — **C. G. MALMBERG, A. A. MARYOTT** : Les constantes diélectriques des solutions aqueuses de dextrose et de sucrose. — **S. LÉVY, W. D. KROLL** : La Réponse des accéléromètres aux accélérations transitoires. — **J. C. FRENCH** : La détérioration des électrodes dans les tubes de transmission-réception. — **C. B. WILLINGHAM, V. A. SEDLACK** : Mélanges d'épreuve pour la distillation à la pression atmosphérique ou à pression réduite. — **E. T. STEINER, E. R. HOSTERMAN** : Le vieillissement des fourrures. — **G. P. PINCHING, R. G. BATES** : La seconde constante de dissociation de l'acide succinique de 0° à 50° C. — **W. F. MEGGERS, A. G. SHENSTONE, C. E. MOORE** : Le premier spectre de l'arsénic.

REVUES ÉTRANGÈRES SPÉCIALISÉES

BULLETIN OF THE AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY, vol. 56, 1950.

Janvier. — **H. BUSEMANN** : La géométrie des espaces de Finsler. — **J. W. T. YOUNGS** : Méthodes topologiques en théorie de l'air de Lebesgue.

Mars. — **E. HILLE** : Semi-groupes de transformations linéaires. — **H. WEYL** : Ramifications, anciennes et nouvelles, du problème des valeurs propres.

Mai. — **L. CESARI** : Avie et représentation des surfaces. — **S. B. MYERS** : Espaces linéaires normés de fonctions continues.

Juillet. — **A. S. BESICOVITCH** : Surfaces paramétriques. — **K. RADEMEISTER** : Complexes et chaînes d'homotopie. — **Ch. LŒWNER** : Quelques classes de fonctions définies par des inégalités différentielles ou aux différences.

Septembre. — **G. W. MACKEY** : Fonctions sur des groupes localement compacts. — **H. S. M. COXETER** : Configurations auto-duales et graphes réguliers.

Novembre. — **S. Mac LANE** : Dualité pour les groupes.
(dans l'ensemble, notices sur diverses réunions et publications)

BULLETIN OF THE AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY, vol. 57, 1951, 1er semestre.

Janvier. — **R. H. BRUCK** : Une théorie d'extension. — **N. WIENER** : Problèmes de prothèse des sens. — **M. F. SMILEY** : Sur les anneaux alternatifs. — **W. FENCHEL** : Sur la géométrie différentielle des espaces courbes fermés.

Mars. — **W. V. PARKER** : Racines caractéristiques et champ de valeurs d'une matrice.

Mai. — Pas de mémoires.
(dans l'ensemble, notices sur diverses réunions et publications)

CHINESE JOURNAL OF PHYSICS, t. 7, n° 5, septembre 1950.

CHI-SUN YEH : Notice nécrologique sur le Dr A. Pen-Tung Sah. — **H. W. PENG** et **M. Y. TANG** : Sur les énergies de liaison des noyaux atomiques ^2H, ^3H, ^3He et ^4He, I-II, par **KING SING-NAN, CHANG CHI-HENG et H. W. PENG** ; III par **C. CHI-HENG et H. W. PENG.** — **H. LU** : Théorie phénoménologique du second coefficient de viscosité. — **C. S. CHANG** : Les Bandes du Sodium dans l'ultra-violet λ 3.100-2.750.

GEOGRAPHICAL REVIEW, avril 1951.

S. W. BOGGS : Réclamations nationales sur les mers bordières. — **E. L. ULLMAN** : Les rivières comme frontières régionales. — **E. H. G. DOBBY** : Le delta de Kelantan. — **E. T. PRICE** : Les Melungeons. Métis des Appalaches Sud. — **J. M. MAY** : Carte de la répartition du Choléra. — **R. L. NICHOLS** et **M. M. MILLER** : Géologie glaciaire de la vallée d'Ameghino, Patagonie. — **O. C. STEWART** : Incendies et végétation naturelles aux Etats-Unis.

Imprimerie Jacques et Demontrond, Besançon. — 9378 - 7-51.
Dépôt légal 3e trimestre 1951 : n° 5214. Le Gérant : R. CONSTANS.